

## 空中写真による地震調査法の研究

著者	高橋 博, 有賀 世治, 西尾 元充
雑誌名	防災科学技術研究所 研究資料
号	6
ページ	1-30
発行年	1969-02
URL	<a href="http://doi.org/10.24732/nied.00001620">http://doi.org/10.24732/nied.00001620</a>

# 空中写真による地震災害調査法の研究

高橋 博・有賀 世治

国立防災科学技術センター

西尾 元充

アジア航測株式会社

## Study on Aerial Photogrammetric Method of Investigation of Earthquake Disaster

By

Hiroshi Takahashi and Toshiji Ariga

*National Research Center for Disaster Prevention, Tokyo*

and

Motomitu Nishio

*Asia Air Survey Co., Ltd. Tokyo*

### ABSTRACT

By big earthquakes all kinds of disasters happen on a large scale and/or in a wide area. The appearances of damaged ground can be fixed in a short time by aerial photography, independently of the difficulties from ground conditions, and we can rapidly analyse the aerial photographs and interpret happenings of the earthquake. Therefore, aerial photography is a suitable method for investigation of earthquake disasters.

By aerial photography an outline of earthquake disaster can be obtained and many kinds of happenings caused by earthquake can be measured or drawn by easy methods or precise plotting instruments. In the case of Niigata Earthquake the reporters rapidly were able to interpret and draw the outline of disasters in Niigata City, and measured some phenomena, for example, velocity of river flow, heights of crack, etc. By means of precise plotting instruments an exact map of crack sets was made, and the gradients of many reinforced concrete buildings which had been inclined by the earthquake were measured and drawn on a mosaic map of aerial photographs.

# 目 次

0. は じ め に .....	3
1. 地震災害と空中調査 .....	3
2. 過去の地震における空中写真の撮影状況 .....	4
3. 地震災害の判読 .....	4
3.1. 全般的状況の災害調査 .....	4
3.2. 各分野の災害調査 .....	5
4. 簡便な判読・測定法 .....	6
4.1. 写真の観察 .....	6
4.2. 簡便な測定法 .....	6
4.3. 災害図の編集法 .....	8
5. 新潟地震災害の判読 .....	9
5.1. 航空写真による新潟地震災害判読図(付図-1) .....	9
5.2. 飛行場の被害 .....	9
5.3. ふ頭付近の被害と海水の流入 .....	10
5.4. 工場地区の災害 .....	10
5.5. 浸水 .....	11
5.6. 赤外線空中写真による地割れの判読 .....	11
5.7. 県営競技場付近地盤変動災害図(付図-2) .....	11
5.8. 栗島の隆起(赤外線空中写真による) .....	11
5.9. 暗きよの被害 .....	11
5.10. 鉄道の被害 .....	11
5.11. 被害建物の傾斜測定 .....	12
6. あ と が き .....	12
参 考 文 献 .....	13
表     図 .....	15
付図-1. 航空写真による新潟地震災害判読図(その1, その2) .....	別冊
付図-2. 県営競技場付近地盤変動災害図 .....	別冊

## 0. はじめに

地震災害に対して空中写真が大規模に撮られ、実際にその活用がはかられたのは、新潟地震においてはじめてである。したがって、地震災害に対する空中写真の利用の仕方について、未だ系統的にまとめられたものはない。新潟地震災害を空中写真を利用して調査研究したので、その結果をもとに、空中写真による地震災害の調査法に関して記し、今後の地震災害の調査・研究に役立てたい。

なお、地震防災に関する当センターの研究報告類としては11番目である（当所研究資料№1，研究速報№1，№5，№6．総合研究報告№11，№12，№18，№19．同速報№5，№6）

## 1. 地震災害と空中調査

地震はその規模が大きい場合、一瞬のうちに数県、ないし、わが国の過半にもわたる広大な地域に大きな損害を与える。しかも、突如として襲ってくるので、大地震による災害の状況やそれにもなつて発生した地学的諸現象の調査を、広い地域について、にわかに、短時間に行なう必要が生じる。通信網や交通網は、ずたずたにたちきられて、現地の状況は非常にわからない状態となり、災害のもっとも著しい所ほど、当初はまったくわからず後日になって、その被害の大きいことに驚くということとなる（1968年十勝沖地震）。そこで、地上の障害によってさまたげられない調査の方法が必要となる。さらに地震の2次災害と地震現象には、地震発生後、時間とともに変化するものがあるので、状況を時間の各断面で固定化（化石化）しておく必要がある。すなわち、今日は機械力が国のすみずみまでゆきわたっているため人の営力、あるいは、地震後の豪雨とか他の地震現象（たとえば津波）・地震災害（たとえば破堤による洪水）などによって、地震直後の状態はどんどん消滅または変形・変質されてしまう（新潟地震）。

地表で行なう調査の重要性は、今日いささかもへっていないが、以上のような特色から地震災害には、空中調査が、他に匹敵できるものがないほど、有利有益な方法である。

空中調査の手段としては、とっさの場合すぐ使用でき、方法的にも確立しているものは、わが国では、飛行機またはヘリコプターである。人工衛星やロケットは国によっては効果の上る手段とも考えられるが、ここでは、航空機による場合についてのみ述べる。

空中調査には、空中からの観察、空中写真（写真測量）、空中物理探査などがある。空中からの観察は、被害状況の全般的把握、災害地の土地条件とその災害の特質——重点の把握や直接的には以後に行なわれる地表調査や写真撮影、空中物理探査の企画、終局的にはそれらの解析に必要な情報の収集などで非常に意義の高いものである。ただ、空中観察は航空機によるため、経費を要し、一方その成果が簡単なスケールではかれないため（これが情報科学的に言えば高度なパターン・リコグニションのもつ性格そのものである）、本邦ではほとんど行なわれていない。むしろ、机上で適当に計画して撮影した空中写真によって、はじめて「実体」をみることとなり、順序が逆となっている。

空中物理探査は、わが国では石油、天然ガスおよび核エネルギー資源の開発調査にもっぱら利用されている。防災関係では、ひとり東北大学において空中磁気探査が研究的に行なわれているにすぎないが松代地震においてもすぐれた成果をあげた。空中物理探査は、i) 短期間に広い範囲の調査ができること、ii) 原則として地表の状況に左右されないこと、iii) 一部の方法は測定高度をかえることによって、地中の状況をとらえられることなどの利点を持ち、地震防災分野の研究にも、直ちに行なえるもの（空中磁気・空中地熱）があり、今後は積極的に行なうべきものである。

空中写真（写真測量）は、写真の観察を主とした定性的なものと、狭義の写真測量に分けられる。災害調査には前者に属する判読が多いが、現在、わが国で圧倒的に多く利用されているのは後者である。わが国の空中写真測量は戦後再開され、その歴史が浅いにもかかわらず急激な発展をとげ、非常に広い範囲にわたって利用されている。すなわち、道路、鉄道、電力線、水力開発、港湾、都市計画、農地開発、地すべり、山崩れ、雪害の調査・測量、全国的に行なわれている森林調査や国土基本図の作製あるいは地理学、地質学、考古学的研究、交通量の調査など、さまざまな分野で実用に供されている。<sup>16)</sup>

空中写真は、i) 地表の状況を撮影時点で固定（化石化）できる；ii) 人の手を経ないため、正確で



高精度の記録がえられ、条件がみたされていれば、写真上で測定ができ、測定ができないかその必要がない場合でも、定性的にかなり詳細に情報を読みとれる；Ⅲ）地表における点や線の調査とことなり、精度が2次的に均一である；Ⅳ）立体視により事物を3次的に再現できる；などの利点をもつ。そのため、戦後は顕著な災害（伊勢湾台風、チリ津波、北陸豪雪、新潟地震等々）のたびごとに、空中写真が広い範囲にわたって撮影され、各方面で有効に利用されてきたのである。

空中写真関係と空中物理探査とは、それぞれ別箇に開発されてきたため、両者の間に技術的交流がほとんどない。今後は互いに交流をはかり、利用者側も、これらを目的に応じて効果的に組合せていく必要がある。

## 2. 過去の地震における空中写真の撮影状況

わが国の地震学や耐震技術の水準が著しく高いにもかかわらず、地震災害を空中写真によって調べた例は極めて少い。

もっとも古くは関東大震災（1923.9.1）の際、陸軍参謀本部陸地測量部によって、東京全域にわたり空中写真が撮られ、災害復旧に利用されたという<sup>10)</sup>これは日本地震災害史と写真測量史上に特記されるべき事であるが、残念ながらその詳細は明らかでない。

ずっと下って、福井地震（1948.6.23）の際に、アメリカ空軍によって空中写真が撮影され（下表）、一部で利用されたが<sup>2,3,4,25)</sup>災害のもっとも激しかった所が撮影されなかったり、また占領下のためにその利用は極めて限定されていた。

1 / 1 0,0 0 0 : 三国町 — 塩屋村間

1 / 5,0 0 0 : 松岡町 — 武生町間

1 / 2,0 0 0 : ( 亀裂や建物倒壊の著しかった所・局部的 )

1 / 5,0 0 0 : 1 月後、福井洪水直後九頭竜川、日野川

その後、おもな地震災害のたびごとに空中写真が撮影された（表-1, 2）。表-1, 2で撮影機関が会社名であるものは自主撮影である。

新潟地震の時は空中写真撮影のため、新潟飛行場で待機中であった国際航業Kの撮影機は、地震発生と同時に離陸して、13時36分より14時10分まで、被災直後の市内を撮影して東京へ帰った。<sup>23,37)</sup>また、新潟が地震で大きな被害を受けたという第一報が東京に入った同時刻、たまたま訓練のため埼玉県入間川基地を飛びたった自衛隊機があり、同機は緊急指令により、新潟市内の被害状況を撮影して素早く政府に提供した。自衛隊機による撮影はその後にも続けられたが、それらの写真はかなり低空で撮られたため、被害を十分読みとれるが、立体視ができず、撮影コースも確認できないものが多い。しかし、当時としては情報価値が非常に高かった。

新潟地震直後に撮影された空中写真で航測会社が自主的行なったものは、地域に重複があり、縮尺に統一性がみられないが、突然、おきた災害を緊急に撮影したので止むを得なかった。しかし、そのため地震災害の初期の状況を色々の時点で記録しえた。

当センターでも、地震発生と共に直ちに撮影地区・縮尺・写真の種類などにつき意欲的な計画がたてられ、実施に移された。<sup>1,12,14)</sup>これらの写真は、学術研究から復興事業や将来計画などに多数の機関の種々の分野の人々によって活用された。

## 3. 地震災害の判読

空中写真による地震災害の判読につき、まだ系統的にまとめられたものはない。筆者らの経験によれば、地震の際にあらわれる現象の特徴から判読できる主なものは次のようである。

### 3.1. 全般的状況の把握

地震災害のように、瞬時にして交通、通信機関の活動が遮断される場合、現地機関との連絡は極度に困難となり（新潟地震では電々公社の市外回線は、地震発生1時間後に全回線が不通となり、各機関のもつマイクロ波施設も1つを除いて全部交信不能となった<sup>36)</sup>）、災害情報の収集と救援計画の応急的な立案などに大きな困難を生ずる。したがって、空中写真による全般的な被災状況の把握が最初に考えられなければならない。

### 3.2. 各分野の災害調査

大地震によって、ほとんどすべての分野に災害が発生する。空中写真によって次のような事がらが調査できる（付図－1，2参照）。<sup>1,12,15,18,19,23)</sup>

3.2.1. 道路： き裂，陥没<sup>19,23)</sup> 浸水，盛土の崩壊，落橋などの状況および路面における障害物の有無などが調べられ，車輛の通過の可能性も検討できる（図－5，20）

3.2.2. 鉄道路線： 道路と同様であるが，加えてき裂の曲り，路床の平坦度，列車の分布，脱線，転覆の状況，信号，電力，駅舎などの諸施設の損壊状況などが調べられる。<sup>18,23)</sup>（図－20，25，26）

3.2.3. 河川： 堤防の決壊地点の発見と浸水範囲の確定のほか，堤防・護岸・分合流施設などの損壊などの調査を行なえる（図－5，19，22）。

3.2.4. 津波による被害： 海岸沿いの低地帯の浸水範囲の確定が行なえる。その場合，堤防に決壊箇所がみられないのに，全面的浸水をうけている場合がある。条件のよい海岸や河口付近では津波の最高水位面を観察でき，津波によって海面から陸部に押し上げられた流木や船などの分布，およびこれらによって起こされた二次的な被害の状況なども判読できる<sup>27)</sup>（図－6，17）。

3.2.5. 港湾施設： ふ頭その他の構造物や上屋などの荷役設備，臨港鉄道などの交通施設や損壊状況や沈船・流木などの状況を調べられる（図－6）。

3.2.6. 家屋の破壊： 被災家屋の分布状況，傾斜方向などが調べられる。家屋の倒壊調査は，福井地震の際，1/5,000空中写真ではじめて試みられ，むねごとの判別や倒壊方向を，従来のような抽出調査でなく，全数調査でき空中写真の有利さを実証した。<sup>2)</sup>新潟地震に際しても筆者は建物の傾斜を測定し集中的に建物被害の生じた時空中写真から調査することの有利さを再び示した。<sup>13)</sup>

3.2.7. 地盤の被害： 地表面にあらわれたき裂を1つ1つ測定し，その分布状況を明らかにすることができる。この調査は地表で行なうよりも，もっとも完全に行なえる。き裂は農耕地域だけでなく，市街地の空地，校庭，グラウンド，街路などでも発見できる。街路中に発生したき裂は，その規模によって，車輛の通過不能，通行困難，通行可能などに分類でき，救援および復旧作業の計画の資料とすることができる。また，き裂の分布，状況は，直接的に地盤の強度および生成過程を，つまり土質および地質構造（特に積成状況）を示さす場合が多い。周知の通り，新潟地震においては，旧河床と考えられる地域に著しくこの現象がみられた。噴砂も地震特有の現象としてよく知られている。これについては福井地震の際に，米空軍が撮影した空中写真によって，はじめてその分布と地学的要因との関係が明らかにされた。<sup>2,3,4,26)</sup>（図－12，20，21，22）。

3.2.8. 地盤変動： 地表面の陥没および隆起などの現象については，局部的に著しく変動したものは，立体観察によって容易に見出せるが<sup>23)</sup>ゆるやかな隆起や沈降を起した地区については，海岸線<sup>24)</sup>や水路，浸水地区など特別な場合を除き判読は困難である。<sup>18,19)</sup>地盤の水平移動については，水田や畑のあぜ・くろの屈曲や断裂などから把握できる。規模の大きい・地殻変動についても同様である（図－23）。

3.2.9. 地すべり・山崩れ： 地形的特徴から発見は極めて容易であるが，それが地震によるものであるか，または従来からのものであるかをその際の写真だけから判断することは困難である。<sup>12,30)</sup>ただし，新潟地震で地震動によって崩壊したものは岩体の突山の部がもぎとられたような形態を示し，えびの吉松地区地震，1968年十勝沖地震では雨による崩壊とはことなった場所（垂直崖）や形（幅広く斜面の頂部より崩壊）をとったので識別できる。今後は地震による崩壊の空中写真による研究調査は有望な分野である<sup>8,24)</sup>（図－1）。

大縮尺写真によれば，法面の崩壊も発見できる。

3.2.10. 以上にも含まれているが，各種の構造物の破壊の程度，傾斜，移動量等の測定もできるが，その詳細は通常，現地調査によらなければならない。調査精度は，写真縮尺に依存するので，大縮尺の空中写真を使用することが望まれるが，経費の面から制約を受ける。したがって，空中写真はもっぱら概況の把握に利用すべきであるが，別に報告したように<sup>13)</sup>多量の構造物を調査する場合は空中写真によるのがよい。なお，被害が著しい場合でも，それが外面的にあらわれていないものは空中写真からは判読できない。

3.2.1 1. そのほか空港(図-9~11), 電力, 通信, 農業施設(図-24)の被害状況の把握や<sup>1,12)</sup>農作物の被害の概要の抽出, 算定なども考えられる。火災および焼失地域もその特徴あるパターンから判読できる<sup>1,12,19,23)</sup>(図-2)。

#### 4. 簡便な判読・測定法

今日, 空中写真がさまざまな分野の人々によって活用されているのはそれを見ることによってそれぞれの研究や調査・事業をもっとも能率的・効果的に行ないたいからであろう。したがって, 空中写真を見る人たちが空中写真をよくよめるほど, その効果があがるのであるが, 実際は空中写真を観察しないしながめる程度で, ごく少数の人だけが写真図化機で判読・測定をしている。図化機はどこにでもあるわけではなく, 精度が高いが専門的な習熟と時間を要し, 外注すれば高価である。地震災害の場合は, 早く多くの情報をえて, 処置をとりたいのであり, 必要なら本格的図化もその結果として行なえばよい。そこで, 今回の事例によって写真測量の専門家でない他分野の専門家に, 図化機なしで行なえる簡便な測定, 判読, 図化の方法を述べる。

##### 4.1. 写真の観察

写真判読とは画像から地上の被写体を認知し, 画像の持つ条件, 要因を分析し, 最終的には, 潜在的な各種の写真情報を抽出し, それらの総合的, 多角的検討により解釈を行なうことである。地震の場合災害の種類によって, 判読内容にかなりの相違がある。また地震前の写真との比較ができれば, 判読内容はより確かな, より深いものとなる。

被写体の認知は災害においてはその異常さから, 判読経験のない人にもたやすくできる場合が多い。特に平地の場合, 単写真の観察だけでも, 被害の大部分を読みとれる。ただ注意すべきことは, 常に陰影の部分が判読者の手前にくるように写真を配置することで, これによって, 単写真でも自然な立体感が得られる。もし, 逆に置くと, 地物の起伏感が逆になって, しばしば判定を誤まる。

空中写真は立体観察(立体視)によって初めて完全な判読ができる。立体視は, 肉眼によってもできるが作業するには, レンズ式, または反射鏡式の立体鏡が必要である。写真の並べ方によって立体像が飛行方向と直角方向に傾くことがあるから必ず次の手順によって, 正しい像をうるようにしなければならない。

- i) 写真の四隅, または各辺の中央にある指標を結び交点——写真主点を求める。
- ii) 写真主点を隣の写真の上に正確に移す(移写点)。
- iii) 主点と移写点を結び, この線が一直線をなすよう2枚の写真を配列する(図-3)。

この作業は極めてわずかの時間ででき, 判読能率にはかなりの影響を与え, 測定には不可欠のものゆえ, 必ず行なうこと。

#### 4.2. 簡便な測定法

##### 4.2.1. 長さの測定

目盛りルーペが便利で, 地割れの巾や長さ, 噴射孔の直径, 流木の太さなどが測定できる。

##### 4.2.2. 測高板による方法

反射立体鏡がなく, レンズ式立体鏡によって測定する場合に, 測定板(図-4)を用いる。2枚の写真の上に両側の2本の目盛り線をそれぞれ載せて観察すると, 立体像の上に2本の線が一つの線となって斜めに浮んで見える。この浮いた線をずらして立体像に接触した点の目盛りが視差の量である。その計算は視差測定かんによる場合と同じである。測高板は各人で簡単に作れ, 練習によって良好な結果を得る。

##### 4.2.3. 視差別定かんによる比高測定

今回, 視差測定かんによって, 白山公園付近の地盤変動量を測定した。使用した写真は約 $1/2,500$ と $1/22,000$ の2種で比較のため後述の $1/500$ の判読図(付図-2)も利用した。普通, こうした測定は付図-2のように, 高級図化機で行なうため, 図化と同じ程度の経費を要する。

視差々による比高測定には, 撮影高度( $H$ ), 写真上の撮影基線長( $b$ )(両写真の主点間の距離)が知られてなくてはならない。 $H$ は, 写真に記録されている気圧高度計から得られるが, 撮影時の地表

気圧が不明のため多少不正確となる。今回は、径間長のわかっている昭和大橋から写真縮尺を求め、これから撮影高度を算出した。

$$\text{写真縮尺} \left( \frac{1}{s} \right) = \frac{\text{写真上の昭和大橋の長さ}}{\text{昭和大橋の実長}}$$

$$\text{撮影飛行高度} (H) = f \cdot s$$

ただし、 $f$  は撮影レンズの焦点距離

$$\text{比高差} = \Delta H = (H/b) dp$$

ただし、 $dp$  は写真上で測定した視差々

写真番号 5040 (図-5) から算出したところ、写真縮尺  $= 1/2,490$  撮影高度  $= 520.8 \text{ m}$ ,  $H/b = 3.887$  となった。この写真から測定した白山公園の野球場一帯の状況と精密図化機による測定値との較差を表-3に示す。表にみるように、視差測定かんによる測定較差は、最大  $136 \text{ cm}$ 、最少  $7 \text{ cm}$  ある。この写真には、偏流角およびカメラの傾きがあったので、もしこれらの値が小さければ、精度はもっとよかったはずである。

#### 4.2.4. カメロン効果による流速の測定

空中写真を、初め  $O_1$  で、速度  $V$  で  $t$  秒後  $O_2$  でそれぞれ撮影し (図-7)、その間に、撮影面上の物体は  $P$  点より速度  $v$  で  $P_2$  に移動したとする。これを立体視すると、物体は  $P'_2$  にあるように観察される (逆方向の  $P_1$  に移動した場合は  $P'_1$ )。この現象をカメロン効果といい、水面の流動現象の解析に利用できる。<sup>18)</sup> 一对の空中写真より、流水面の視差々を測定すると、流速は次式でえられる。

$$V_x = z (b/H) (s/t)$$

$$V_y = b_y (s/t)$$

$$V = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

ただし、 $t$  : シャッター間隔、 $b$  : 基線長、 $H$  : 撮影高度、 $s$  : 換算倍数  $s = 1 - z/H$ ,  $b_y$  : 基線と直角方向の写真のズレ

通常  $y$  視差は非常に小さいので、 $z$  視差、すなわち比高  $\Delta H$  のみを考慮すると、

$$V_s = (V \cdot \Delta H) / (H \pm \Delta H) \text{ となる。ただし } V_s = \text{流速}$$

図-6に示したステレオグラムは、新潟港中央埠頭付近で、海水の流入速度をこの方法で測定した部分と測定点をスケッチしたものである。測定は反射立体鏡と視差測定かんにより、その結果は表-4に示す。測定した標高から流速値に換算する場合、 $0 \text{ m}$  の水面を求める必要がある。1~7の河岸に近い点を測定してその平均値を  $0 \text{ m}$ 、流速を  $0 \text{ m/sec}$  として、 $a-h$  各点の流速を求め、最大  $46 \text{ cm/sec}$  の値をえた。この測定に用いた写真は、撮影の際の傾きの補正などがされていないことと標高の絶対値が不明であることなどから、精度は十分に良いとはいえない。

#### 4.2.5. 写真濃度による調査

空中写真の判読要素として、形 (Shape)、大きさ (Size)、写真色調 (Photographic tone)、陰影 (Shadow)、肌理 (Texture) などとこれらの組合せになる型 (Pattern) などがある。これらの中、各被写体の持つ個有の写真色調を判読に利用する場合、普通はパンクロ写真であるので、黒白の濃度を用いる。従来、写真濃度は、判読者の主観によって抽象的に判定されるか、標準のグレイスケールと対比して、平均な色調を量的に示すかであった。しかし、被写体は、単純にある一定の濃度をもつものでなく、極めて微妙な個有の変動を示す。そこで、その濃度変動を忠実に測定することによって、被写体の判別が可能であることが、最近の研究によって明らかになった。たとえば、河床の写真濃度のパターンから、シルト、砂れきなどを区別し、森林において、樹種、樹形の判別を行なうなどである。写真濃度による研究は、わが国では、農林省林業試験場中島巖によって、精力的にはじめられ、わが国最初の濃度計が試作された。その後、当センターにおいて2号機が製作され、両機の経験をもとに実用的な3号機 (アジア航空KK) が完成され、写真濃度計も実用段階に入った。これらは、写真濃度をミクロンの単位で測定し (図-8)、これをアナログ表示すると共に、デジタル記録もできる。今回は飛行場で写真濃度による判読を行なった。

写真上(図-9A),水没地区の濃度にわずかな変化がみられる。バックグラウンドのコンクリート塗装の色調が全面均一であるので、冠水を汚染するものがないとすれば、写真濃度記録のゆるやかな傾斜は(図-9B)は水深の変化を表わしていると考えられる。ただし、実測値がないので、その確認と、精度の検討はできていない。

画面の端の部分で、色調が全体的に暗く、やや判読困難な地割れを測定した(図-10A, B)。黒い線状の地割れが強調されて明りょうに数えられる。図11-A, Bにおいても滑走路と噴砂孔および湧出した泥水の跡がわかる。写真濃度による地震災害の判読は、本邦で(おそらく世界でも)はじめての試みであった。以上から、今後色々な場合に適用できるものと思われる。なお、空中写真用濃度計は図化機より遙かに安いので利用価値が高いと考えられる。

#### 4.3. 災害図の編集法

空中写真には、実に多くの情報が含まれている。その中から、目的にあった情報だけ抽出して編集する必要がしばしばおこる。たとえば、地割れを抽出したり(付図-2),家屋の破損状況をまとめる<sup>13)</sup>などである。あるいは、災害要素を全般的に抽出することもある(付図-1)。このような場合に簡易に使える方法をしるす。

##### 4.3.1. 脱銀法

写真から必要なものを抽出したい場合、最も簡単な方法は、トレーシングペーパーや、マイラー紙をかぶせてトレースすることである。平地の場合、これでたいいの目的を果せる。しかし、トレースの際に、被写体の性質を正確に把えるためには、立体視しなければならない。判読してから改めてトレースするよりも、判読の際に必要な画像の形を同時にスミまたは、インキなどで描画しておく方が能率的である。こうしてインキングされた写真を、次のファーマー氏液に浸すと、写真画像は次第に脱色されて、抽出した線だけ明りょうに残る。図-12は、こうして作った地割れ状況図である。この方法は最も簡便でしかも特殊の技術を要せず、判読のミスや脱落を防げるだけでなく、災害の状況をありのままに表現できる利点をもつ。

ファーマー氏液処方			
A	液	B	液
水	500cc	水	100cc
ハイボ	50g	赤血塩	10g

注： 使用の際にA液50ccにB液10ccを加える。実際にはこの処方を厳密に守る必要はない。はじめ適量のハイボ溶液を作り、適宜に赤血塩を加えるだけで十分である。

##### 4.3.2. モザイクの方法

平地であれば、必要な区域の写真を集めてモザイクすると、全体の状況がひと目で観察でき、写真図としても使え、これから必要箇所をトレースしたり、脱銀法により、図化もできる。モザイク写真の作り方は色々ある。最も簡単な方法は、地上の基準点などに関係なく、ただ写真の画像が最もよく合う部分をえらんでカットしてはり合わせる略集成法である。普通はこの方法で十分である。注意としては、カットした部分をサンドペーパーで斜めにけずり落し、表面に印画紙の乳剤面だけ残すことで、そうしてはり合わせれば接合部はたいらになり、一見しただけでは判らないようになる。

被害が山間部にまで及んでいる場合、モザイク写真をこの方法で作ると、山地と平地の接合が良好でなく、山地においてはりょう線を合わせると谷の部分が重なり合い、谷の部分に合わせると、りょう線が見えなくなる。山地を含めたモザイク写真が必要な時には、専門家に依頼する方がよい。

##### 4.3.3. 射線法

図化機を使用しない簡易な図化法で、終戦直後、米軍写真からの図化にひろく応用された。図化機が整備されている今日、ほとんど使用されていないが、地震災害で緊急に図化の必要が生じた場合、この方法によれば、すばやく各自の机上で図化できる。この方法の完全な修得にはかなりの訓練を必要とするが、単コース3~4写真程度であれば初心者にも十分でき、知っておくことも必要であろう。<sup>33)</sup>

## 5. 新潟地震災害の判読

地震災害のなまなましい情態を記録した空中写真だけから被害状況を可能な限りとらえることを試みた。こうしたことを行なった理由のひとつは、さまざまな災害がいたる所に生じた新潟市全体のようすをはやく知りたかったことと、もうひとつには、空中写真による調査は必ず地上調査によるチェックをとまうので（それは絶対に必要なことである）、写真上の判読だけで、ぎりぎりどこまで読みとれるか、その限界を確認したいという写真測量家としての技術上の欲求——それは、単なる技術的きょうみでなく、大規模な災害に直面した時、いち早く、その全ぼうを知る方法としての写真判読技術をためしておき、将来にそなえたかったからである。その結果は付図－1「航空写真による新潟地震災害判読図」で、方法は判読によったが図化作業も多少行なった。このほか種々の被害について簡別的に判読をした。なお、競技場付近については別に図化機によって精密調査をした（付図－2）。

### 5.1. 航空写真による新潟地震災害判読図（付図－1）

すでに述べた目的から、地震（1964・6・16）の翌日アジア航測KKが撮影した空中写真のみ用いた。その飛行は空中調査——筆者（高橋）便乗——が目的であったため、通常のコース撮影ではなかった。すばやくかつ簡易に災害状況を把握するため、写真の縮尺、傾きなどの修正は行なわず、引伸写真だけによって判読・図化し、編集は既製の市街図によって行なった。ゆえに、通常の地形図としての精度はまったくなく、図全体の縮尺（約1／2,500）は目安にすぎず、図上で方向、長さなどを測っても無意味で災害状況図としてのみ、見るべきものである。また、新潟市内の災害調査としては、地震後ただちに行なわれた新潟大学理学部地質学教室の調査<sup>39)</sup>と国土地理院の調査<sup>7,11,29)</sup>があるが、前者は現地調査のみによって行なわれ、後者は写真判読と現地調査との併用によるものである<sup>註)</sup>。しかしこの判読図は、現地調査を一切行なわず、ごくわずかの人員の短時間の空中写真判読のみにより、これら二者の調査とはまったく無関係——それらの情報はまったく入れずに行なったものである。

注：これは、災害だけでなく、地盤・地形なども詳細に調査し、土地条件と被害との関連性をとらえられるように編集したもので、地震災害をこのような方式で表現したものはわが国で始めてであり、海外でももちろんない。防災関係だけでなく、地理、地質、土木を初め、あらゆる分野にとって、貴重な資料で、その成果は高く評価され、印刷後すぐなくなり、需要者の必要に応じきれず、太平洋学術会議に参加した多数の外国学者の希望もほとんどみだせなかった。

全体として、新潟地震による被害または現象の中で著しいもの、すなわち、噴砂、噴水、地割れなどの地盤変動災害、浸水状況、昭和石油による火災、建物の大きな損壊、落橋などがほとんど判読されている。特に、地盤変動災害はもっともこく明にとらえられており、地表調査よりくわしい。信濃川及び港附近の護岸の崩壊の様子もよくとらえられている。浸水区域については他の2調査<sup>29), 39)</sup>とは万代橋あたりより東の区域でかなりことなっているが、浸水のとり方の違いと、タンク火災の煙により撮影不能か、不明瞭な写真の多い所であったことによる。浸水は津波と地震時の噴水によって生じたものである。昭和石油のタンク火災の煙により、地上の状況の不明なところは、図にsmogとした。昭和石油の火災で焼失した区域もその独特のパターンから、よくとらえられている。ただ今回の地震災害の特色である鉄筋コンクリート建物の傾斜による被害——その角度は数度またはそれ以下でも、使用上困難を生じたが——は、このような方法では顕著でない限り、とらえられない。津波でうちあげられた船などもよくとらえられている。交通では落橋や浸水のほか地割れ、噴砂、崩壊などによる道路及び鉄道の通行不能の箇所もかなり把握でき、図に示した。飛行場施設の損壊もよくあらわされている。今回の写真には写ってなかったが、浸水などで孤立した地区の住民が、もしも集団をなして、避難している場所などあれば、把握しえたであろう。このように応急的な判読によって地震災害を全般によく把握できたものとする（参照各写真）。なお、簡別的な判読例は、後に述べられている。

### 5.2. 飛行場の被害

新潟飛行場は、阿賀野川河口左岸部の砂丘地帯に盛土して建設され、約N30°Eの方向をもつ平行な2本の滑走路とその付属施設からなる。この地域は、主として草地であるために、写真はほとんど全域にわたってほぼ同じダークグレイの色調を示し、その中に滑走路と道路がきわだって白くみられる。

今回の地震によって、地域全域に多くの地割れと噴砂が発生した。噴砂は、画面に白又はライトグレイのはん点として明瞭に表われ、その中心部分に、円形の噴砂孔又は、線状の地割れが黒く認められる。地割れは、滑走路とほぼ同一方向を示し、延長6～9mのことが多い。一部では滑走路と直角方向にたがい平行な7本のき裂がみられ、約400mにわたって、巾約30mの陥没帯を形成している(図-15)。滑走路は各所で隆起と沈降が起り、全長にわたって大きく波状を呈している。沈降部分の端でコンクリートがブロックに分れ、突きあげられている所がある(図-14)。地震2～3時間後の空中写真では、沈下した部分は、き裂から噴出した泥水でおおわれ、空港ターミナル及びエプロンの全域と滑走路の東北の端が特に広くおおわれていた(図-15)。10日後の写真によると、エプロンのほとんど全部はまだ冠水しているが、滑走路のたん水は断続的となり大部分が乾燥した。主滑走路の南端から約200m離れた地点に、直線状南北方向約200m、さらに、滑走路と平行の方向に向きを変えて約100mの延長をもって、総計155以上の噴砂孔が集中的に発生している。噴砂孔は、立体視すると正確な円形で、噴出した砂がその周辺に盛り上り、月面のクレーターに似た形態を示している。空港地域は、全般的に砂地であるが、写真の色調から特にこの付近は砂質土の多い所と判断される。しかし、噴砂孔はこの部分に、ランダムにではなく、地面の起伏の最も高い所に線状に並んで生じており、地質、土質工学的原因があるものと考えられる。なお、飛行場の中央及び滑走路の両端には、泥水を噴出した地割れがある。これは写真の色調がグレイであることから、噴砂と容易に識別される(参照付図-1, 図-9～12)

### 5.3. ふ頭付近の被害と海水の流入

信濃川河口の右岸にある、新潟港中央ふ頭以西の被害状況については、被災前の空中写真が入手できなかったため、災害前後の比較を市販の縮尺1:1,000市街図によって行なった。中央ふ頭の対岸にある突堤は、全面にわたって浸水しているが、特に、東亜造船の岸壁より河口に向かって約145mの所に約40mの巾で信濃川と港内との間に海水の流れが認められる。この流入は、カメロン効果によって信濃川より港内に向っているものと判定された。この流入帯は巾40mで、突堤の局部的な陥没によって生じたものと思われるが、しおの流れの状況から信濃川沿いの岸壁ではその巾が約60mにひろがっていると判断される。その流速は最大46cm/secである(図-6)。

突堤の上に、長さ28mの漁船が座しょうしている。東亜造船の敷地内に十数隻の漁船がみられる。敷地の奥にあるものは、恐らく工場での作業を行っていたものと思われるが、岸壁付近には明らかに衝突したと思われる形跡のある漁船群がみられる。さらに、25mの水産物揚陸場を越えて、居村町のバス通りまで流された小型の船艇(13.5m)がみられる。水産物の揚陸場一帯にみられるおびただしい浮遊物や魚箱は津波によって道路を越えて居村町の住宅街にまでおしこまれ、散乱している。信濃川の左岸にも、数10mから100m近い堤防の決壊がみられ、広い範囲にわたって海水の侵入の跡をとどめている。堤防近くでは、これによる民家の倒壊もみられる(参照付図-1, 図-6)。

なお、港内外、海、水面上に工場面から流出した石油の分布がみられる(図-18)。

### 5.4. 工場地区の災害

図-17の周辺は沼垂駅、日本石油KK・北越製紙KKなどの工場敷地によって面積の大部分を占められ、石油タンク周辺の黒い部分と製紙会社の散乱した材木群が注意をひく。大小合わせて約180ある石油タンクの10%強にたての黒く細いスジがみられるが、写真からこれをヒビ割れと断定する根拠はみつからない。タンク周辺に広がっている油も震災前すでにこぼれていたものか、地震で生じたタンクやパイプ等の損傷からもれたものか判別はむずかしい。ただし、タンクの屋根の一定方向のみに油のみみられるのは、地震動により生じた強い波圧によってタンクの屋根が破損したためである。また、浮屋根の壊滅も観察される(図-16)。

北越製紙KKの製紙用木材は、地震前には敷地に規則正しく積まれ、新栗ノ木川も一定の場所につけられていたものと思われる。地震によって、積まれていた木材は、崩れはしないまでも著しく乱され、川につけられていた木材は、新栗ノ木川に沿って流され、北越製紙KK第1, 第2工場を結ぶ倒壊した橋によってとどめられ、その付近にごちゃごちゃと浮いている。橋のすぐ下流にある倒壊したベルトコンベ

ア橋までは木材は流出しなかった(図-17)。

なお、噴砂はほとんどみられず、小さいき裂が散在している程度である。鉄道の道床の小規模な陥没が沼垂駅付近だけで6か所認められる(付図-1)。

#### 5.5. 浸水

新潟地震では、もと河川や、低湿地であった所で多量の噴水をみた。道路面の色調から市街地の浸水状況が明瞭に読みとられる(図-20)。写真で、自動車の多い所は通交可能な所である。津波や破堤による浸水もみられた(図-20, 付図-1)。

#### 5.6. 赤外線空中写真による地割れの判読

この赤外線写真(図-27)は地震の40日後7月26日与板町東方の信濃川で撮影された。この間、この地方一帯は非常な豪雨に見舞われ、地震による地表変動は普通失なわれてしまうのであるが、この写真にはき裂が明りように認められる。兩岸の河川敷の耕地に発生した地割れは雨水のしみこみによってかえって明りように写ったのかもしれない。この地割れは河川敷からかなり外にまでびている。中洲には微細な地割れが集中的に発生している。これらは、赤外線写真で初めて観察されえたものである。もちろん、地表にはっきりあらわれている地割れ、たとえば、白山公園付近(図-5, 付図-2)や、通船川と阿賀野川の分流点付近の畑に生じた多数の地割れ群(図-21)はパンクロ写真によってもとらえられている。後の地割れ群(fracture sets)は全体的に、通船川に平行しており、付近の表層地盤が通船川によって次第に形成されたことを示している(付図-1)。

#### 5.7. 県営競技場付近地盤変動災害図(付図-2)

県営競技場では、国体のために整備されたばかりの最も新しい施設が甚大な被害をうけ、いたる所に噴砂、き裂、陥没、隆起を生じた(図-5)。建築物の被害調査<sup>13)</sup>のために撮影した1/2,500普通角写真から1級図化機(A7)によって縮尺1/500で地盤変動災害の図化を行なった。図の範囲内では、地面のやや広い所の地割れ群は、いずれも信濃川に平行し、延長50~100m、巾10数mの規模をもつ。構造物付近では、地割れはその影響を強くうけ、それに沿うように屈折している。昭和大桥の取付け道路に大きな地割れ群が道路方向に生じている。隆起と陥没は川岸では川との平行性がみられるが、他のところでは、方向性および構造物との関係は明らかでない。なお、地割れは隆起部分に多い傾向がみられる。原写真の縮尺が大きいことと、1級図化機によって測定したので、詳細に地割れを記入し、高い精度で等高線を引くことができ、地表測量では困難と思われる精密な調査が行なえた。

#### 5.8. 栗島の隆起(赤外線空中写真による)

震源地に近い栗島には隆起現象がみられた。赤外線写真ではクロロホイル現象によって、森林地帯が明るい色調となり、水の部分が黒くなる。写真(図-23)で海浜に濃度の異った2つの帯がみられ、海寄りの暗い部分が新しく隆起した所である。さん橋は隆起によって、水面よりはるかに高くなっている。海中の岩しょうではこまかい出入りが明るい色調でめだつ。これは地震前てい線付近の岩石に付着していた海藻や貝類である。

#### 5.9. 暗きよの被害

赤外線写真によって、酒田市で暗渠水路の被害をはっきりととらえることができた(図-24)。

#### 5.10. 鉄道の被害

鉄道関係では、路盤のき裂、き道の陥没、変位、駅舎の損壊沈下、橋の破壊、築堤斜面の崩壊など各種の被害が発生しているが<sup>18,23)</sup>ここでは興味のある事例にとどめる。

##### 5.10.1. 新潟駅付近

新潟駅を中心とした斜め写真(図-26)に、駅を斜めに横断して、市街地にまで伸びている地割れが認められる。斜め写真は、垂直写真に比べ、撮影範囲が格段に広いので、垂直写真で局部的と思われる現象も、広範囲にわたって追跡できる。過去に、伊勢湾台風による浸水範囲を一枚の写真にとらえた例がある。今後は斜め写真の活用もはかるべきである。

##### 5.10.2. き道の陥没

単写真では何の変化もないように見える軌道が、沈下・陥没している場合がある。<sup>18)</sup>これは立体観察に



よって容易に発見できる。白山駅付近で発生したき道の陥没も、単写真では発見しがたかった(図-5)。

### 5.1 0.3. 盛土の崩壊

羽越線で高さ7mの盛土が、延長50mにわたって東側に崩壊した珍しい例がある。図-25Aは地震の翌日、空中調査中に発見し、撮影したものである。この崩壊は次のように報告されている。<sup>38)</sup>

『 — 通常の崩壊ならばこのように広い範囲におよぶことは考えられず、盛土の砂が地震の振動あるいはしょう動で突発的に液状化し流動したものである。(中略)この箇所は傾斜のきわめてゆるやかな谷間の平地であってよくしまった砂層が、比較的浅い位置にあるが、谷形の下流側の中央付近はやや深くなっていて、最大3mの厚さの泥岸層が砂層の上に存在する。(中略)この盛土砂の液状化には均等粒径の中細砂であること、泥炭層が地震による地盤の変異を大きくしたことなどが何れも関与していたであろうが、このように建設以来数十年間安定であった盛土が地震のために液状化破壊を生じたのはきわめて珍しいといえよう。』

立体観察すると、流動した状況が幾層ものしわとなって認められるほか、崩壊地点全体が、かなり沈下している。このような場合簡便な測定か図化機による精密測定によって、地盤全体の変位量や崩壊土砂量を算出できる(図-25A~D)。

### 5.1 1. 被害建物の傾斜測定

新潟地震によって、新潟市内の多数の鉄筋コンクリート建物が沈下・傾斜する被害をうけた。<sup>35)</sup>大縮尺空中写真により、建物の傾斜角と傾斜方向の測定を行ない、結果をモザイク写真の上に表現した。その報告は別に行なったが<sup>13)</sup>、比較的よい精度で測定できた。建物としては、アパート(図-5)のように長辺と短辺の比が大きいものに大被害(傾斜角 $> 2.5^\circ$ )が多く、平面が正方形にちかく、その面積も大きい建物には被害が小さい傾向がみられた。写真測量と同程度の経費を要するが、地震災害をうけた建物が多量に、かつ集中的に存在する時には、空中写真から測定調査する方法は効果的である。空中写真による調査は、環境条件とも一定時点で固定されたものにつき精密な全数調査ができる点に利点があるので、今後は写真の測定結果を、地盤状況などの情報とあわせて解析していくようにすれば、空中写真による調査法は極めて有力な方法となろう。

## 6. あ と が き

地震災害の空中からの調査は地上のしょう害にさまたげられず、短時間で状況の固定ができ、すみやかに判読、測定ができるなど、きわめて有効であることが、新潟地震に際しての研究により実証できたすなわち、被害または地震現象で外面的にあらわれるものなら、ほとんど、すべてのものが空中写真から判読でき、新潟の災害判読図のように全般的な概況の把握から、地割れなどのように、対象によってはかなり詳しい判読測定ができることがたしかめられた。方法的には、地震災害突発に際して急きょ状況を知らねばならない時、写真測量を専門としない人にも使え、すばやく結果をえられる簡便な判読・測定・図化の方法も今回明らかにできた。なお、高級な図化機を用いれば極めて精密な調査ができ、地割れ調査など、地表で行なうより完全な結果をえられることも明らかとなった。空中写真による地震調査の技術はまだ未発達であるので、広く他機関や学会の関係者と協同して、技術的向上や開発に今後も努力して行きたいと考えている。なお、空中物理探査も今後は積極的に活用すべきである。

ところで、すでに述べたように、新潟地震に際してはいち早く大規模に空中写真が撮影されたので、学術面だけでなく、救援や復旧にもはかりしれない貢献ができた。いうまでもなく、地震は抜き打ち的にやってくるし、貴重な災害の情報は時間とともにどんどん失われていくので地震発生の際は間髪入れぬ撮影が必要となる。実はその点に問題がある。その主なものは、撮影用飛行機の分散と撮影の発注である。空中写真の撮影装置を備えた航空測量関係の会社の航空機は、わが国には、常時10数機以上が整備されており、これらは全国に分散して作業をしている。したがって、地震発生とともに、被災地に最も近くにいる航空機を利用できれば、直ちにその状態を記録できる。しかし、そこに発注の問題がある。過去に地震を含め幾つかの災害に際して、航空測量会社によって自主的な撮影が行なわれたが、これらの写真の多くは、そのまま死蔵されている。今後はこのような貴重な記録を共有の資料として十分活用されるようにするため、公的機関によって保管されるような方途が考えられないだろうか。たとえ

ば、災害発生時の空中写真撮影仕様書をきめこれに合ったものは買上げるのも一つの方法であろう。筆者らは、わが国は世界有数の地震国で、災害も色々と多いことから、このような対策が検討されることを心から望むものである。

# 参 考 文 献

(空中写真による地震災害調査 — 引用しないものを含む)

- 1) 有賀世治(1965) : 空中写真による震害調査. 新潟地震防災研究総合報告, 山海堂, 100-103.
- 2) 大森又吉(1949) : 福井地震の災害調査と空中写真. 地理調査所時報, №6, 2-3.
- 3) 小笠原義勝(1949) : 福井地震の被害と地変, 特に断層について. 地理調査所時報, №691.
- 4) 小笠原義勝(1949) : 福井地震の被害と地変, 特に地震と断層運動について, 地理調査時報.
- 5) 門村浩(1966) : 航空写真による軟弱地盤の判読(第1報) — 微地形の系統のおよび計測的分析法の適用について — (3). 写真測量, 5, 57-65.
- 6) 門村浩(1966) : 航空写真による地盤災害危険地域の設定(講演要旨), 写真測量, 5, 141.
- 7) 金窪敏和・小林基夫・貝野部正臣・馬籠弘志(1965) : 新潟地震 — 被災状況と土地条件について. 第2回災害科学総合講演会講演論文集, 文部省特定研究災害科学総合研究班, 141-144.
- 8) 河上房義(1968) : 1968年十勝沖地震における青森県南部の山崩れ災害について. 第5回災害科学総合シンポジウム講演論文集, 文部省特定研究災害科学総合研究班, 11-12.
- 9) 黒田和男(1964) : 新潟市周辺の表層地質調査. 写真測量, 3, 103-109.  
— (1964) : 同, 4, 140-144, 148.
- 10) 小林猛雄(1935) : 写真測量, 理工図書, 11.
- 11) 高崎正義ほか(1966) : 新潟地震の被害と土地条件調査. 防災科学技術総合研究報告, №11, 13-18.
- 12) 高橋博(1965) : 新潟地震災害調査における空中写真の利用. 写真測量, 4, 103-114.
- 13) 高橋博(1969) : 新潟地震被災建物の空中写真による傾斜測定の研究, 国立防災科学技術センター研究報告, №3(近刊).
- 14) 高橋博・有賀世治(1966) : 空中写真による地震災害調査. 防災科学技術総合研究報告, №11, 9-11.
- 15) 武田裕幸・今村遼平(1964) : 航空写真による新潟地震の災害調査. 写真測量, 3, 120-121.
- 16) Nakano, T.(1968) : The Progress of Photo-interpretation in Japan 227-235.
- 17) Nakano, T.・Kadomura, H.(1966) : Aerial Photo Analysis of Soft Ground Conditions and the Possibility of the Application to the Plannings of Regional Development and Disaster Prevention. International Symposium of Photogrammetry (要旨, 写真測量, 5, 193)
- 18) 西尾元充・淵本正隆(1964) : 新潟地震災害の航空写真撮影と調査計画. 写真測量, 3, 110-114.
- 19) 馬籠弘志(1964) : 新潟地震と Photo Survey. 写真測量, 3, 115-118.
- 20) 松野久也(1965) : 航空写真による地震災害調査の可能性と限界. 写真測量, 4,

136-137.

- 21) 松野久也・西村嘉四郎(1966) : 新潟地震地域北東部(村上-鶴岡他区)の地質構造. 防災科学技術総合研究報告, №11, 44-46.
- 22) 松野久也・西村嘉四郎(1966) : 新潟地震地域北東部(村上-鶴岡地区)の地質構造. 地質調査所特別報告, 第3号, 3-8.
- 23) 丸安隆和・西尾元充(1964) : 航空写真による新潟地震の調査. 生産技術, 16, 40-43.
- 24) Robert, J.H. (1965) : Interpretation of Alaskan Post-Earthquake Photographs. Photogrammetric Engineering, 31, 604-611, 6 tds.
- 25) — (1949) : 地震災害に対する予報的調査の方針樹立に資するための報告書. 地理調査所時報, 2.
- 26) — (1950) : The Fukui Earthquake. 丸善.
- 27) — (1961) : チリ地震津波調査報告書 — 海岸地形とチリ地震津波 — 国土地理院 pp 100.
- 28) — (1964) : 新潟震害航空写真集. 写真測量, 3, 122-127.
- 29) — (1965) : 新潟地震 — 被災状況と土地条件図, 新潟市街地 1/10,000, 同, 新潟平野主要部 1/50,000, 新潟地震震災調査報告. 国土地理院.
- 30) — (1965) : 新潟地震による崩壊き裂調査報告. 建設省新庄工事々務所.  
(写真測量法, 引用のみ)
- 31) 木本氏房(1957) : 航空写真測量, 日本林業技術協会.
- 32) 高崎正義(1966) : 空中写真の見方と使い方 — 空中写真判読 — 全日本建設技術協会 pp 266.
- 33) 武田通治 射線法の理論と実際.
- 34) — (1960) : Manual of Photographic Interpretation. American Society of Photogrammetry.  
(その他)
- 35) 大崎順彦(1966) : 軟弱地盤における建築物に関する調査研究. 防災科学技術総合研究報告, №12, 3-9.
- 36) 大友実(1965) : 新潟地震による電気通信設備の被害と問題点. 新潟地震防災研究総合報告, 山海堂, 35-40.
- 37) 佐藤正敏・大野賢文(1964) : 新潟大地震の体験. 写真測量, 3, 122-127.
- 38) 斉藤迪孝(1964) : 新潟地震について. 第7回耐震工学研究発表会講演概要, 41-42.
- 39) 西田彰一ほか(1964) : 新潟地震地盤災害図. 1/3,000, 7面6葉.

表-1 地震災害関係空中写真撮影情况(除く福井・新潟地震)

地震災害	撮影機関	撮 影 地 域	撮影年月日	撮 影 縮 尺	枚数	備 考
チリ津波	ア ジ ア 航 測	岩手県山田町	'60.5.24~25	1/15,000	7	以下計158枚
		大槌町		1/7,000	13	
		釜石町		1/7,000	8	
		久慈市		1/10,000	8	
		宮古市		1/15,000	7	
		大船渡市		1/15,000	24	
		陸前高田町		1/7,000	11	
		宮城県塩釜埋立地		1/7,000	9	
		女川町		1/7,000	5	
		石巻市		1/15,000	8	
		志津川町		1/7,000	8	
		〃		1/15,000	3	
		気仙沼市		1/15,000	15	
		青森県八戸港		1/10,000	18	
		北海道函館港		1/10,000	14	
	防 衛 庁	北海道				
		三陸海岸	'60. 9. 6	1/20,000	230	
		紀伊半島				
		四国沿岸				
松代地震	長 野 県	長野県松代一茶臼山	'67. 3. 29	1/12,000	10	目的:地すべり 撮影:アジア航測
えびの・ 吉松地区 地震	メ ト ロ 航 空	宮崎県えびの町および 鹿児島県吉松町	'68. 3. 3	1/30,000	2	
			〃	1/8,000	41	
			'68. 3. 27	1/15,000	4	
	官 崎 県 防 災 セ ン タ ー	〃	'68. 4. 3	1/10,000	14	目的:しらす台被害,普通角 撮影:日本林業技術協会 目的:被災しらす台の浸食 撮影:東洋航空事業 総計159枚
		〃	'68.10.12	1/5,000	65	
		青森県八戸	'68. 5. 16	1/10,000	17	
1968 年十勝沖 地震	ア ジ ア 航 測	三沢市		1/10,000	5	目的:山地被害 撮影:アジア航測 総計435枚
		青森市		1/10,000	7	
		岩手県宮古市		1/10,000	16	
		青森県田名部市	'68. 5. 21	1/10,000	5	
	青 森 県	五戸付近	'68. 5. 24	1/10,000	60	
			'68. 6. 11, 24	1/10,000	325	

表-2 新潟地震における空中写真の撮影状況

撮影機関	撮影地域	撮影年月日時	種類	撮影高度m	縮尺	枚数	撮影目的	備考
防衛庁	新潟市	'64. 6.16~17	パングロ		不定	多数	被害調査	低空による状況写真, 立体視不能
	新潟全県・秋田・山形海岸	'64. 6.17~ 7.28	"		1/20000	3743	被害全般	特調費による
防災センター	新潟市	'64. 6.27	"		1/4000	265	市内被害全般	撮影: アジア航測
	"	"	カラ		1/10000	68	"	"
	"	'64. 6.22	パングロ普通角		1/2500	99	建物被害測定	撮影: 東洋航空
	大河津	'64. 6.27	赤		1/10000	39	堤防被害	撮影: アジア航測
	阿賀野川	'64. 7.22~27	パングロ		1/4000	225	農地と堤防被害	撮影: 東洋航空
			"		1/10000	133	"	"
	村上一鼠ヶ関	'64. 7.23	赤		1/5000	89	山地と地盤, 建物被害	撮影: アジア航測
	村上	'64. 7.21	カラ		1/10000	33	"	"
	粟島	'64. 6.27	赤		1/5000	75	地盤変化	"
		'64. 7.21	カラ		1/10000	23	"	"
	両津	'64. 6.27	赤		1/8000	42	海岸被害	"
	酒田	'64. 7.23	"		1/5000, 6000	129	被害全般	" 計1220枚
国際航業	新潟市	'64. 6.16 1310 <sup>h</sup> m~1520 <sup>h</sup> m	パングロ	250~300	約1/2000	11	主要地点被害	カメラRMK 15/23 斜め写真を含む
	新潟市内・粟島外各地	'64. 6.17 0720 <sup>h</sup> m~1700 <sup>h</sup> m	"	900, 1900, 2000	1/6000 約1/13000	113	被害全般	カメラ 同上
アジア航測	新潟市内・新潟・山形・秋田県下各地	'64. 6.17 1030 <sup>h</sup> m~1305 <sup>h</sup> m	"	600	約1/4000	135	"	カメラRC8 15 斜め写真を含む
	新潟市内・阿賀野川流域	'64. 6.18 1150 <sup>h</sup> m~1230 <sup>h</sup> m	"	3300	1/22000	18	"	カメラ同上
国際航業	新潟市内各地	'64. 6.19 0730 <sup>h</sup> m~1645 <sup>h</sup> m	"	900 1900, 2000	1/6000 約1/13000	136	"	カメラRMK 15/23
	信濃川地区, 阿賀野川地区	'64. 6.22 1020 <sup>h</sup> m~1221 <sup>h</sup> m	"	同上	同上	70	"	カメラ同上
東洋航空事業	信濃川地区	'64. 6.22 1235 <sup>h</sup> m~1315 <sup>h</sup> m	"	525	1/2500	26	"	カメラRC8 15

表-3 視差測定かんと図化機による  
比高測定値の比較

測 点	視 差 測定かん	図化機	較 差
0 *	0 m	0 m	0 m
1	1.01	0.94	0.07
2	0.08	0.19	-0.11
3	0.16	0.24	-0.08
4	0.47	0.69	-0.22
5	-0.12	0.05	-0.17
6	0.23	0.49	-0.26
7	0.86	0.29	0.57
8	0.66	0.04	0.62
9	0.35	-0.18	0.53
10	1.90	0.67	1.23
11	1.09	-0.27	1.36
12	1.24	-0.11	1.35
13	0.89	0.06	0.83
14	1.24	0.43	0.81
15	0.16	-0.20	0.36
16	-0.23	-0.54	0.31

\* 基点

表-4 カメロン効果による流速の測定

%	d p	H/b	$\Delta H(m)$	$V \cdot \Delta H$	$H - \Delta H$	$V_s^*$
1	-0.14	6.44	-0.90	61.65	608.90	-0.10
2	+0.17	〃	+1.09	74.67	606.91	+0.12
3	-0.08	〃	-0.51	34.94	608.51	-0.06
4	+0.12	〃	+0.77	52.75	607.23	+0.08
5	+0.07	〃	+0.45	30.83	607.55	+0.05
6						
7	-0.14	〃	-0.90	61.65	608.90	-0.10
A	+0.63	6.44	+4.06	278.10	603.94	0.46
B	+0.42	〃	+2.70	184.95	605.30	0.31
C	+0.62	〃	+3.99	273.32	604.01	0.45
D	+0.51	〃	+3.28	224.68	604.72	0.37
E	+0.36	〃	+2.32	158.92	605.68	0.26
F	+0.41	〃	+2.64	180.84	605.36	0.30
G	+0.34	〃	+2.19	150.02	605.81	0.25
H	+0.60	〃	+3.86	264.41	604.14	0.44

$$* V_s = (V \cdot \Delta H) / (H - \Delta H)$$



図-1 えびの吉松地区地震によるシラス台地の被害('68.10.12)

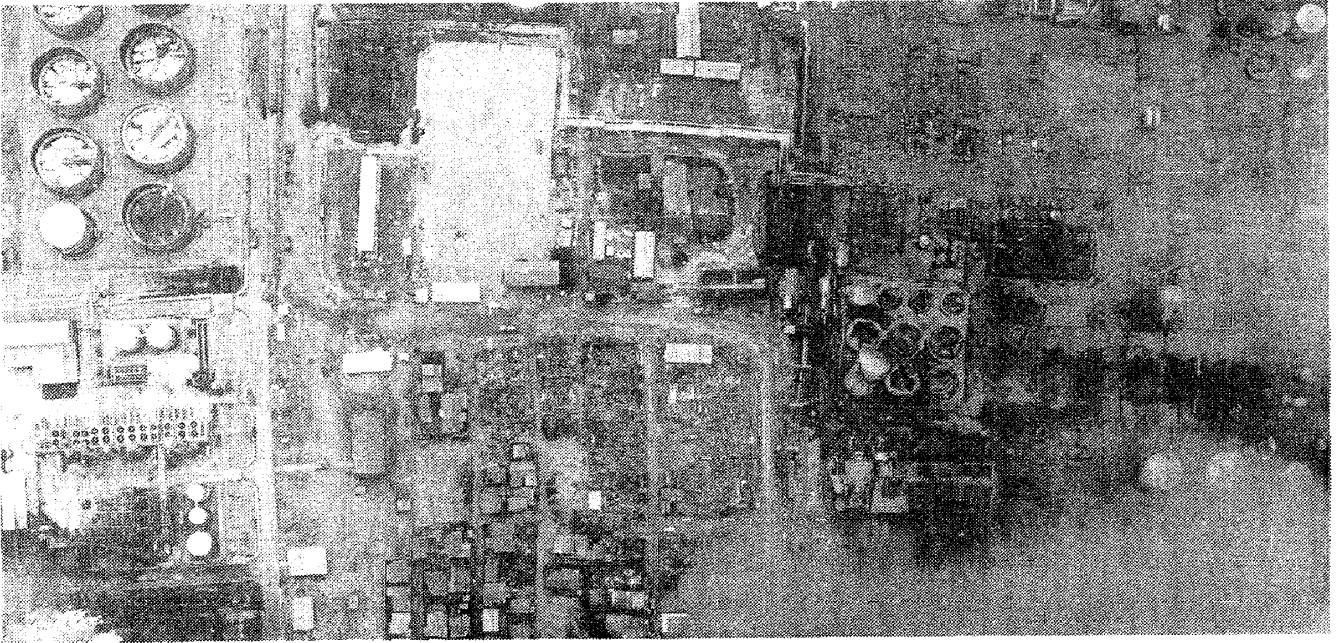


図-2 昭和石油第2次火災により焼けた住宅と工場('64.6.27)

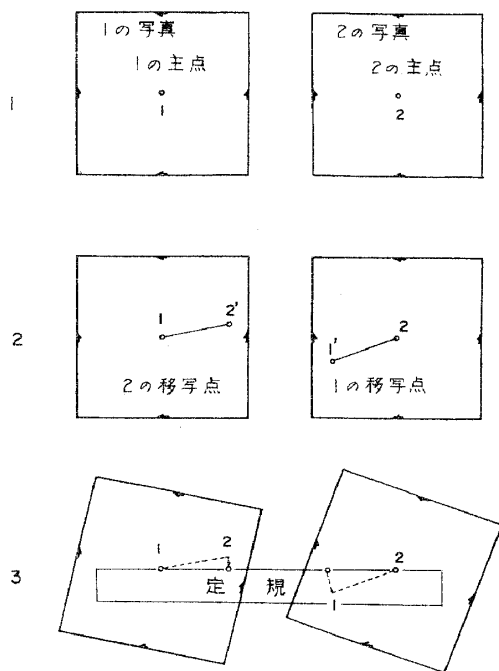


図-3 空中写真の配置

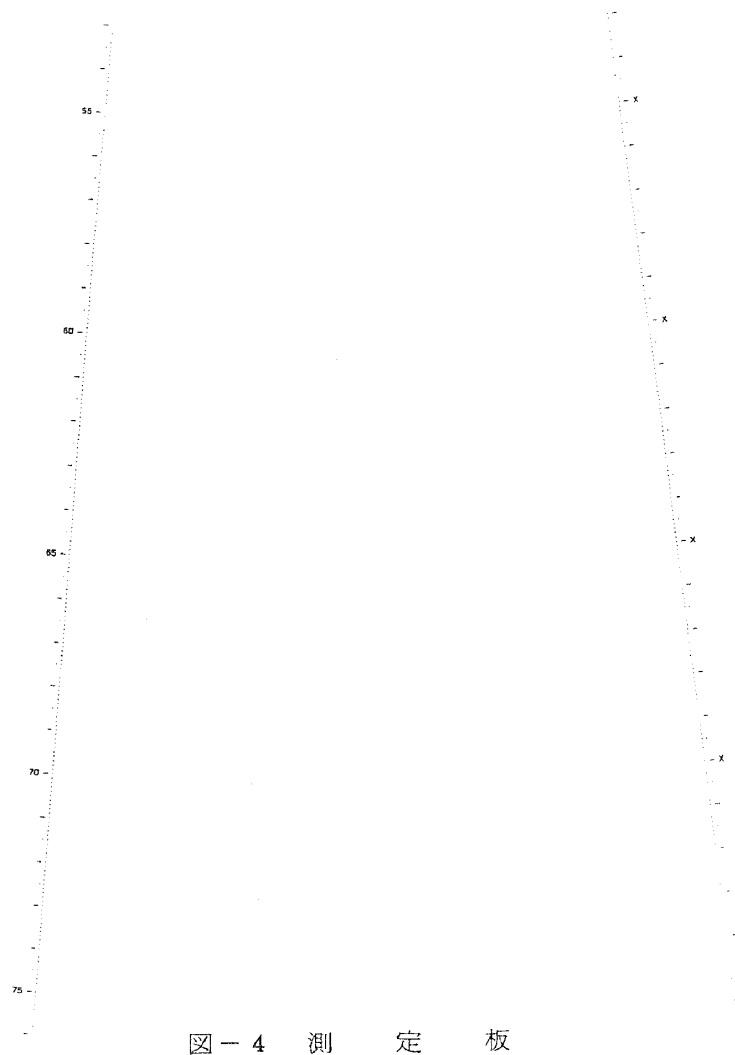
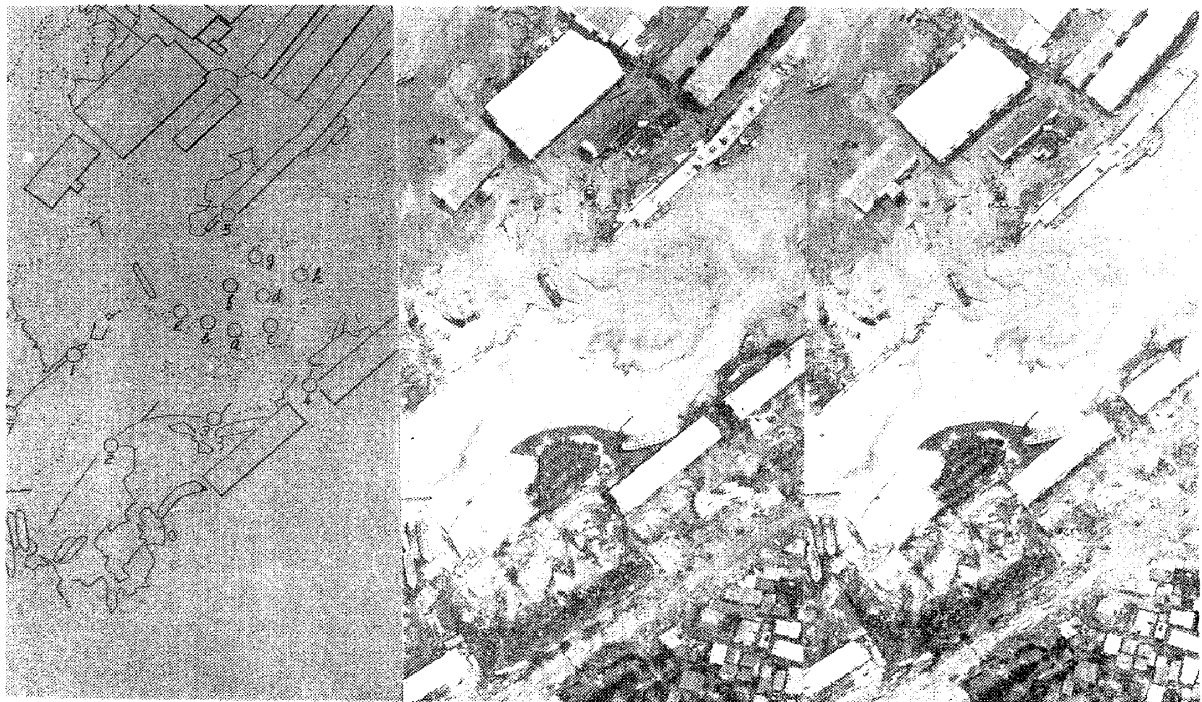


図-4 測定板





図－5 県営競技場の被災状況（'64.6.27）



図－6 ふ頭付近の災害状況と水面の起伏および流速測定点（'64.6.27）



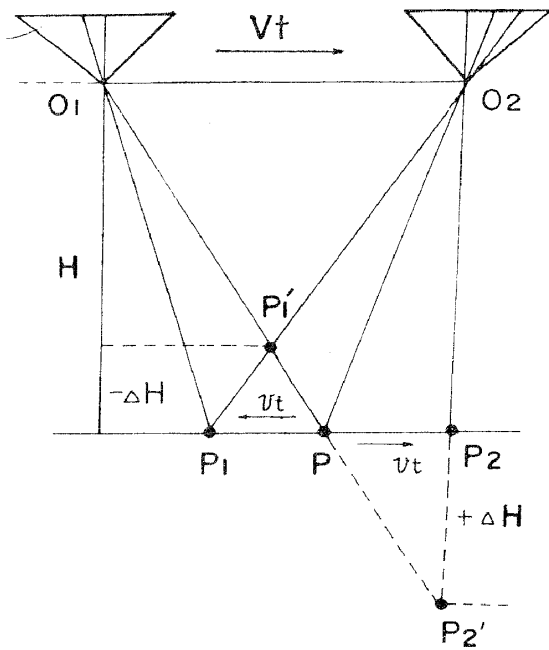


図-7 カメロン効果の原理

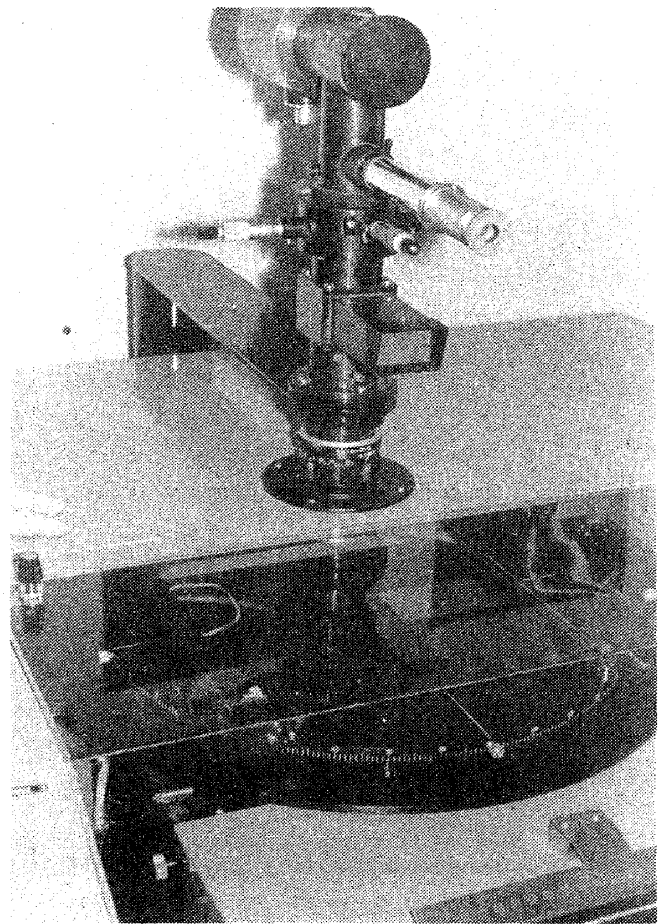


図-8 写真濃度計測定部



図-9 A 飛行場冠水部分('64.6.17)

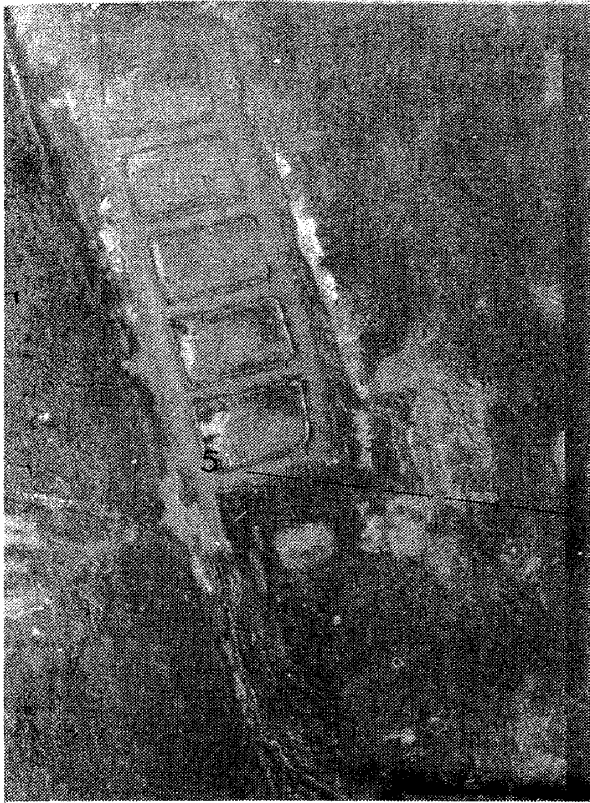


図-10 A 飛行場の地割れ  
( '64.6.17 )

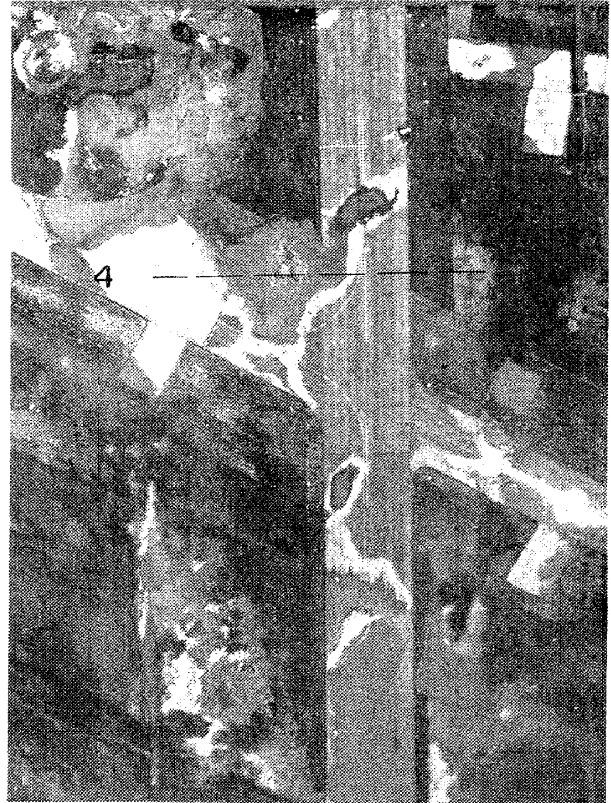


図-11 A 飛行場の噴砂孔と噴砂  
( '64.6.17 )

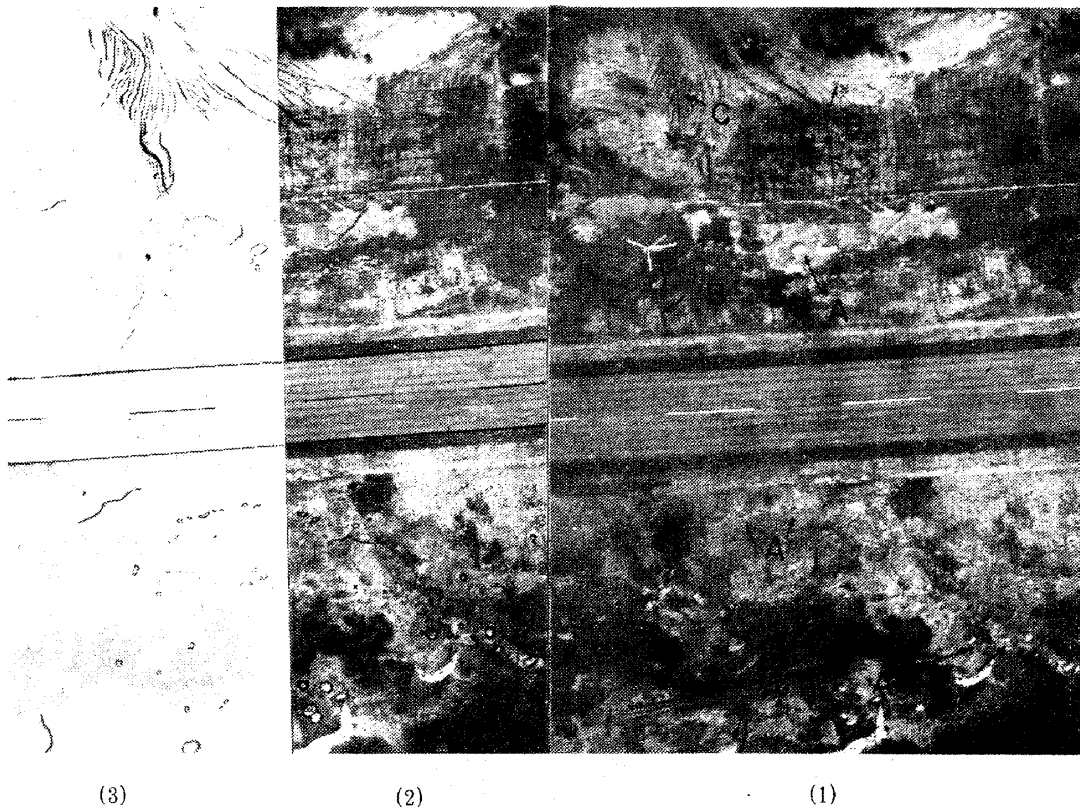


図-12 脱銀法による作図 ( '64.6.17 )  
(1) 普通写真, (2) 噴砂, 地割れの記入,  
(3) 脱銀 A : 噴砂, B, C : 地割れ

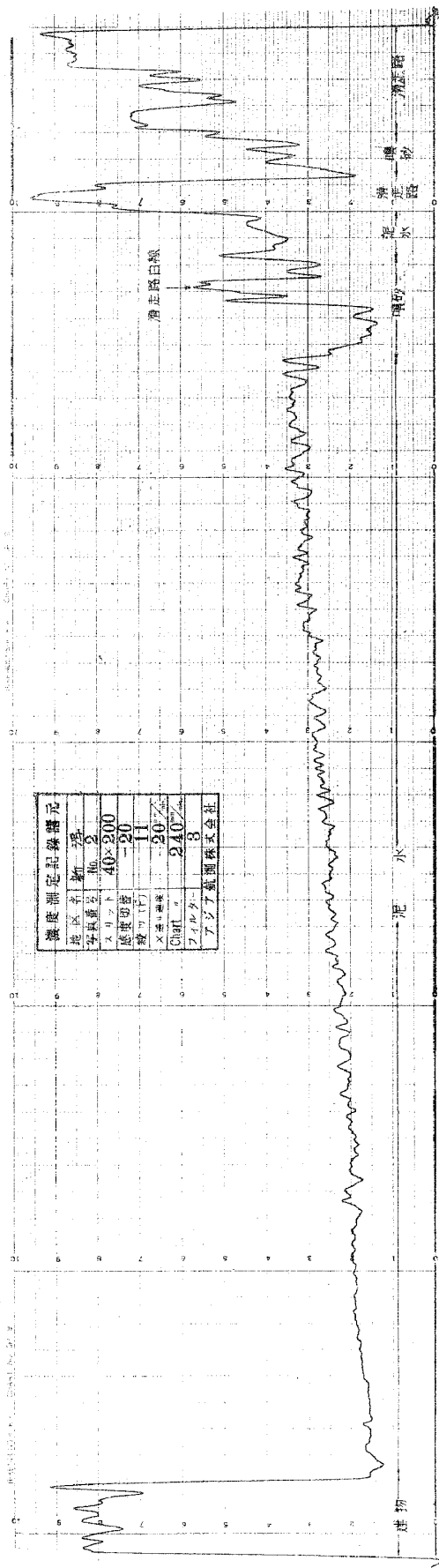


図-9 B 飛行場冠水部分の濃度測定記録(走査線2)

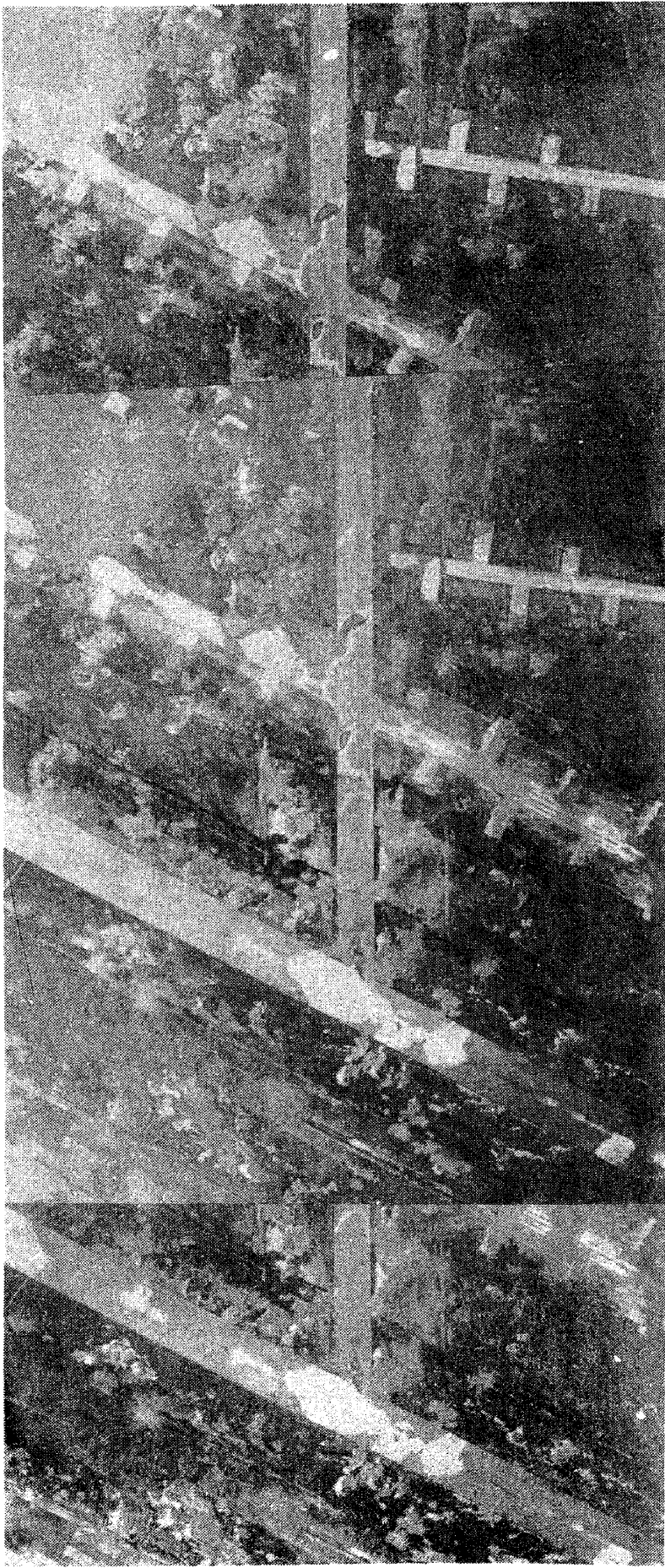


図-1 3 飛行場中央部の被災状況('64.6.17)

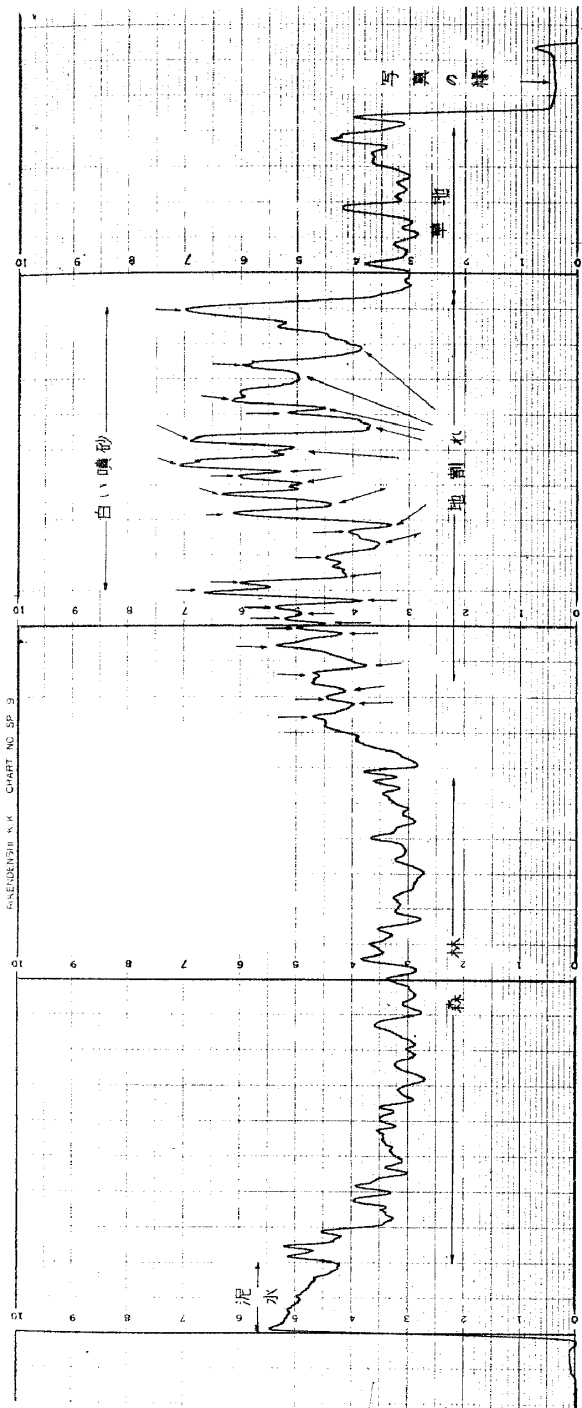


図-10B 飛行場の地割れの濃度測定記録(走査線5)

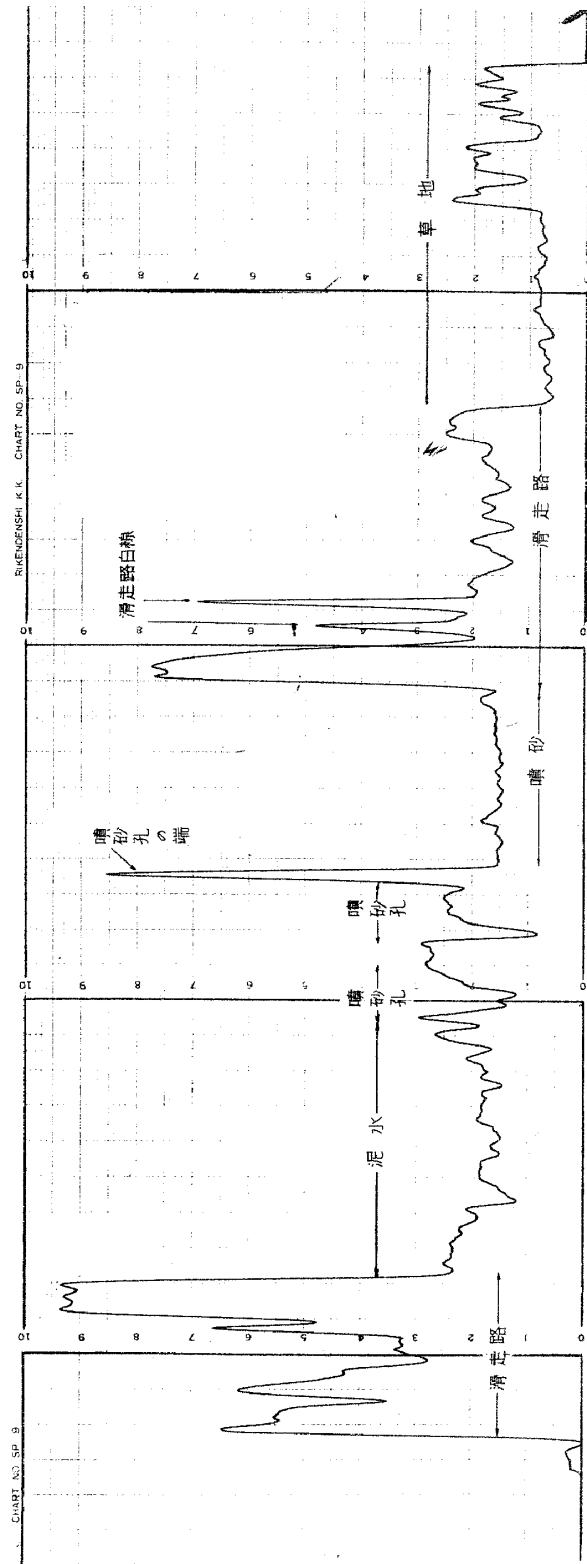


図-11B 飛行場の噴砂孔と噴砂の濃度測定記録(走査線4)



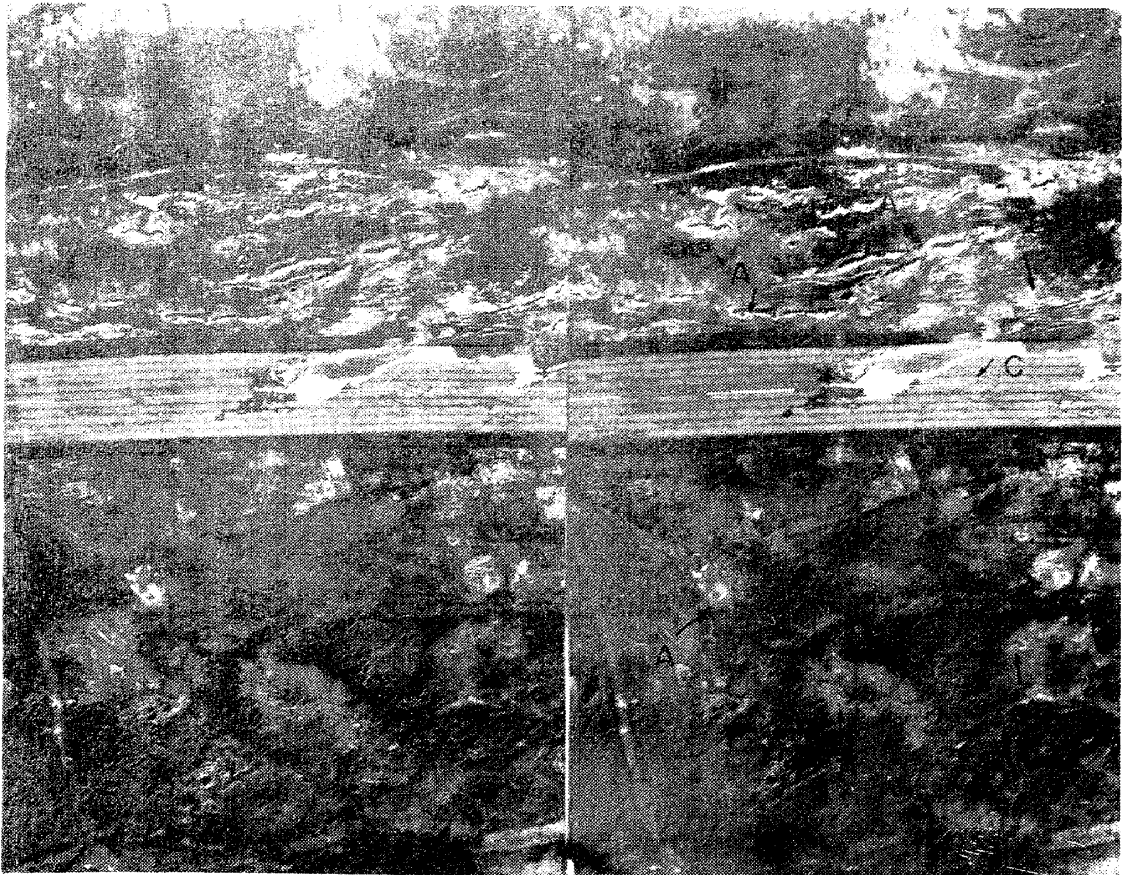


図-14 滑走路付近の地盤変動('64.6.17) A:噴砂孔, B:地割れに沿うかん没, C:き裂

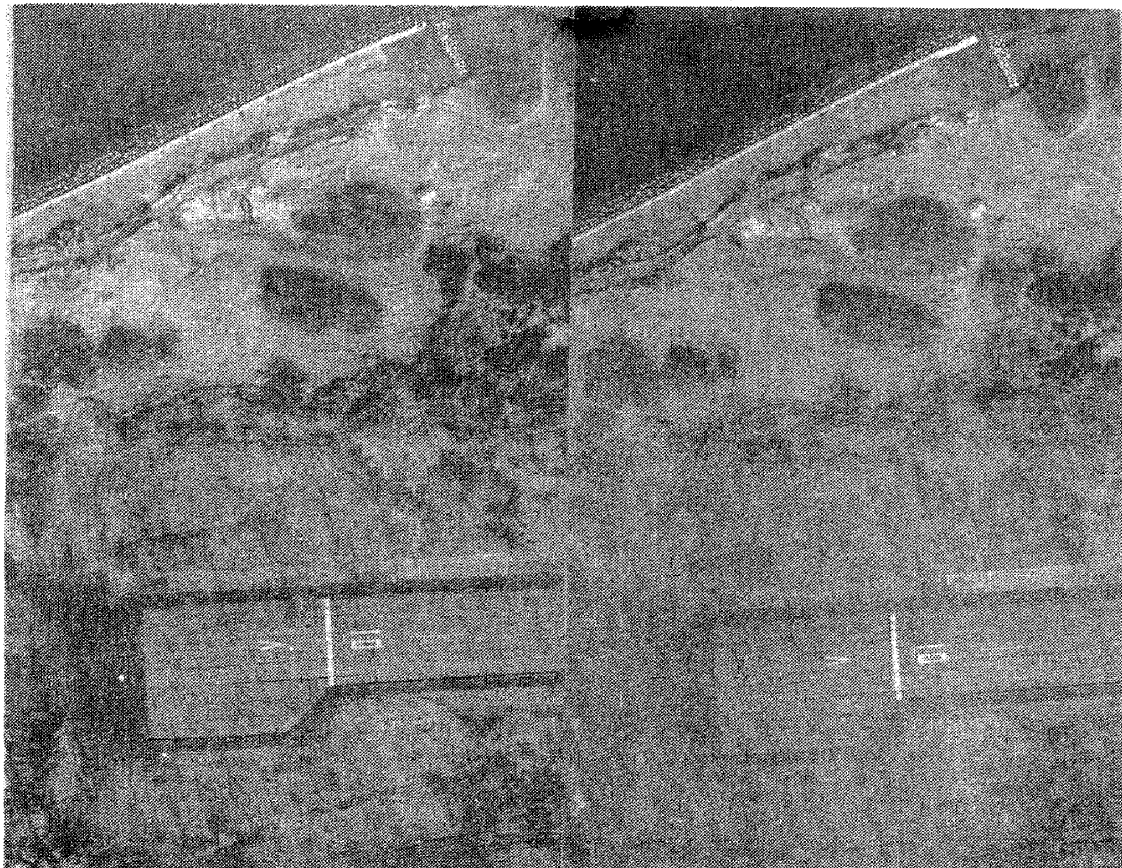


図-15 滑走路に直角方向のき裂('64.6.17)

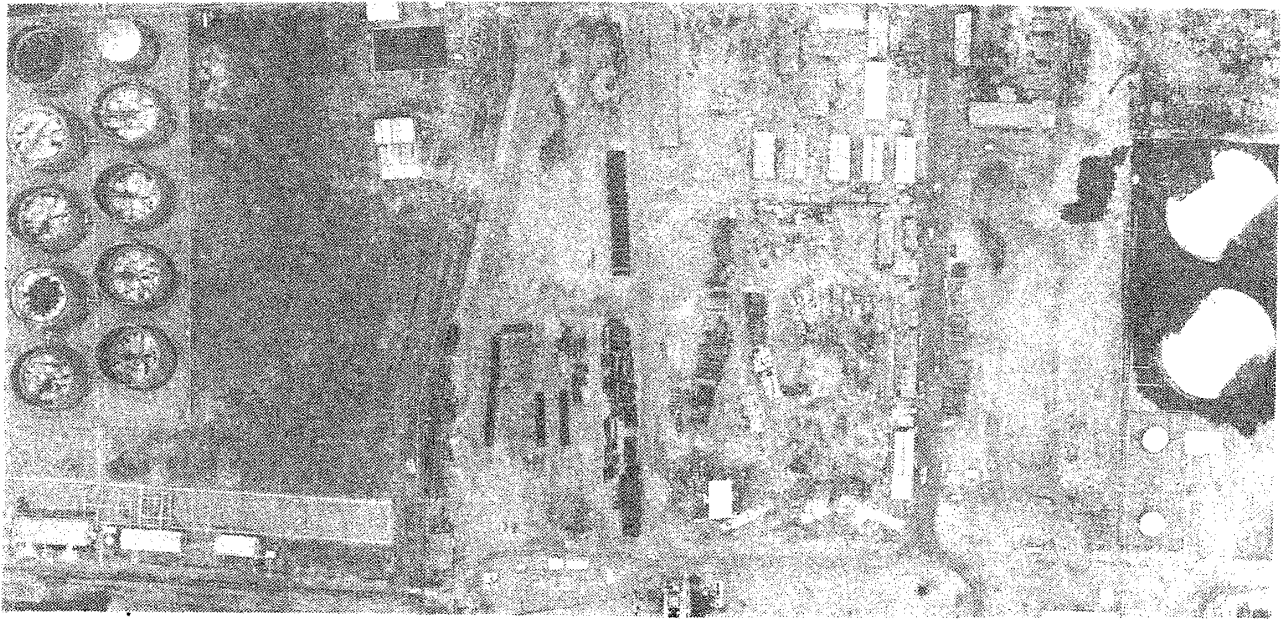


図-16 タンクの損壊（'64.6.27） 左側：新潟火力発電所，重油タンク（コーン形，屋根破損による重油流出，主要動方向） 右側：昭和石油，石油タンク（浮屋根壊滅）



図-17 工場地帯の被災状況（'64.6.27）





図-18 海上の流出油('64.6.27)

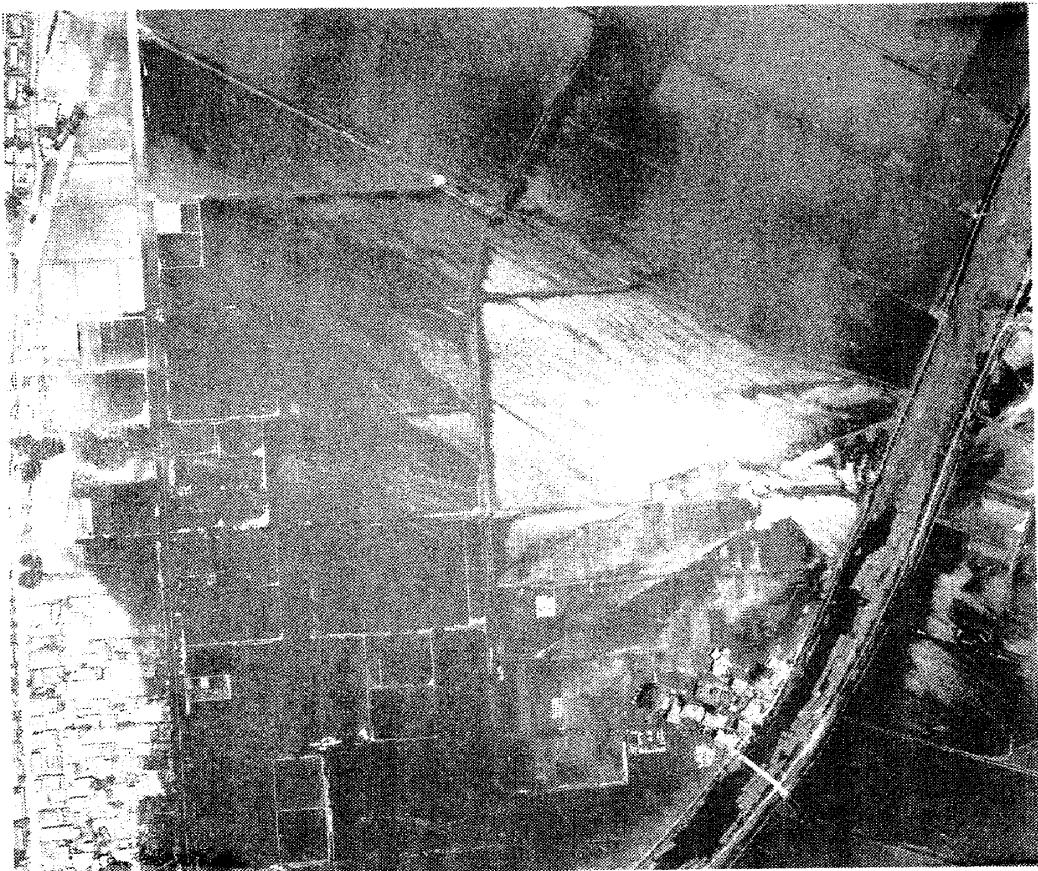


図-19 通船川沿いの浸水('64.6.27)

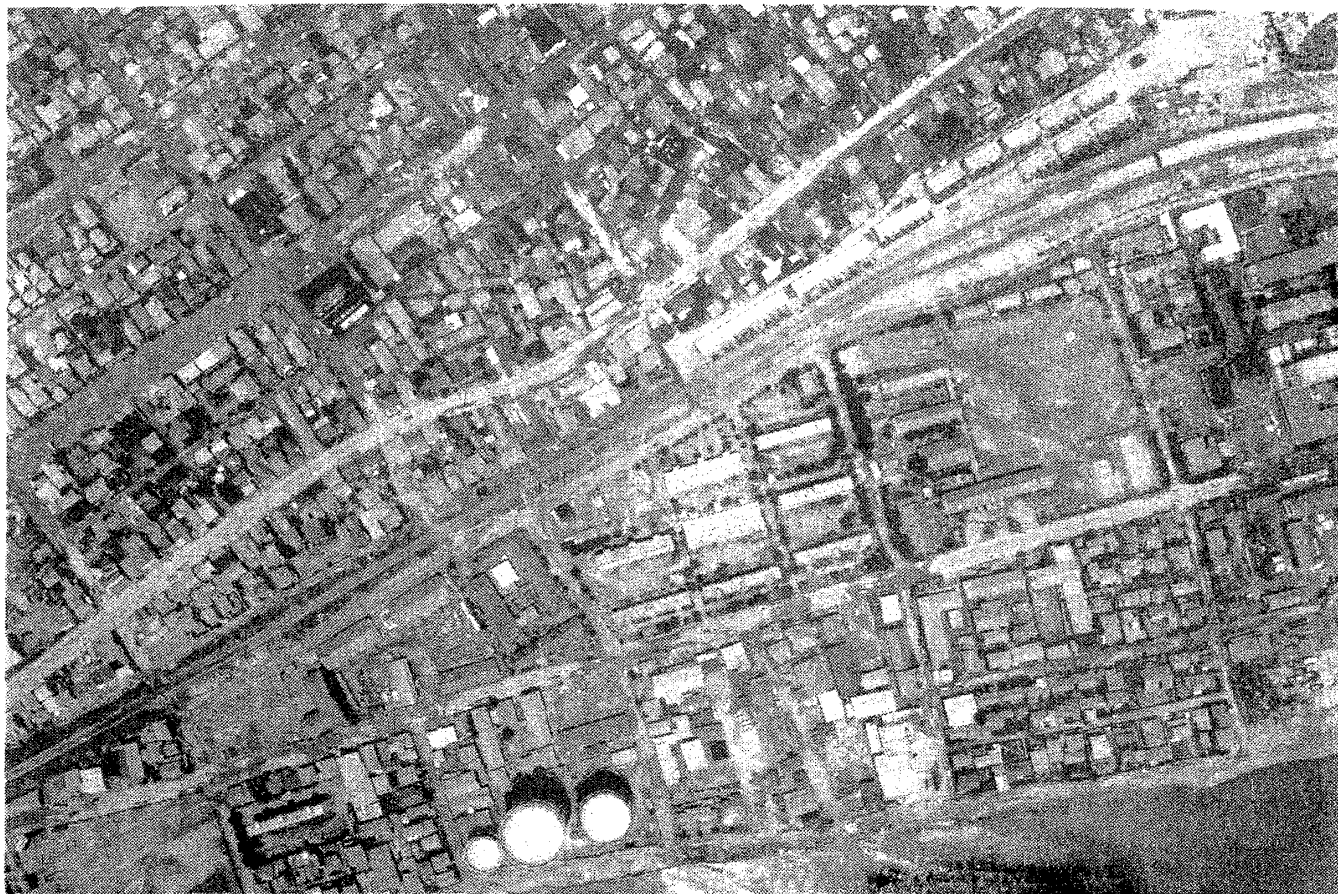


図-20 市街浸水（灰色）・道路交通状況（自動車の多いところは通行可能）（'64.6.7）



図-21 地割れ群（'64.6.27）



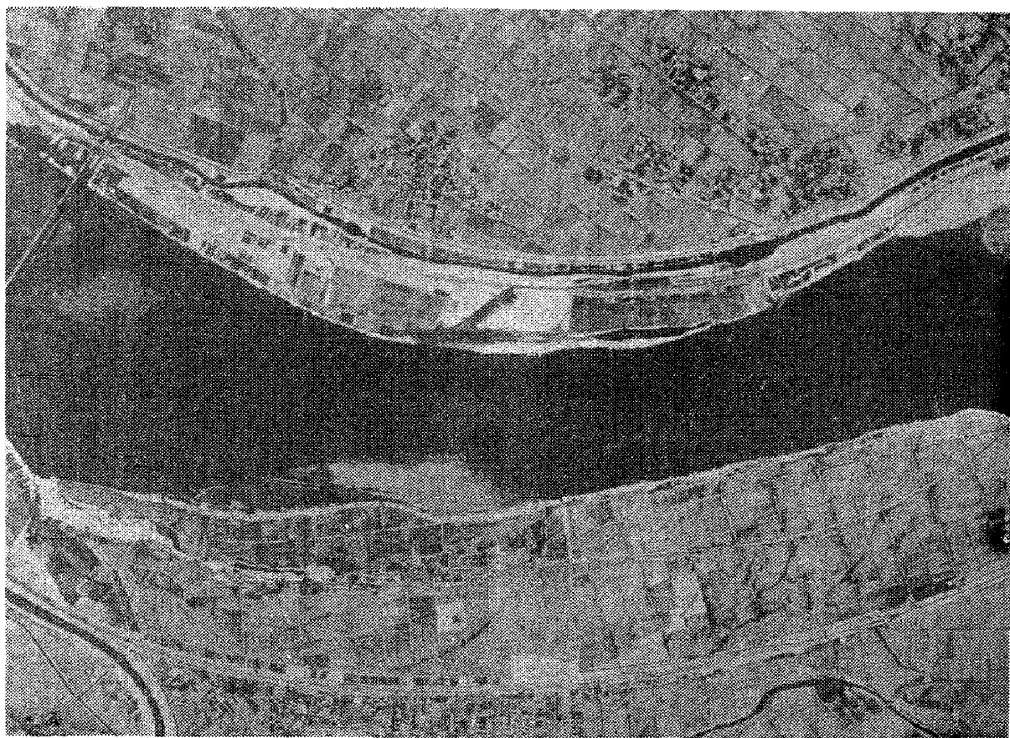


図-22 地割れの痕跡(赤外線空中写真)('64.7.26)

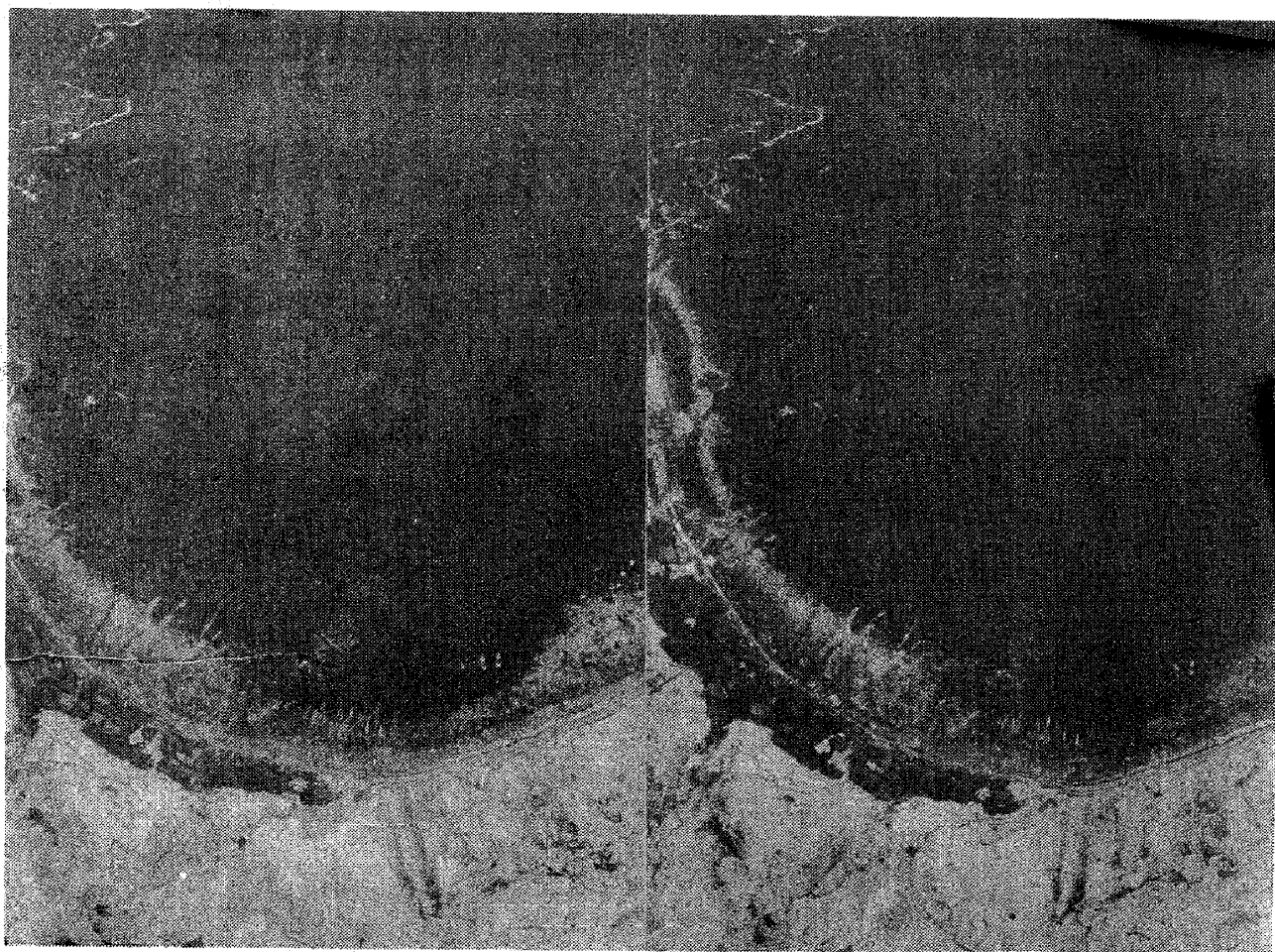


図-23 栗島の隆起(赤外線空中写真)('64.7.27)

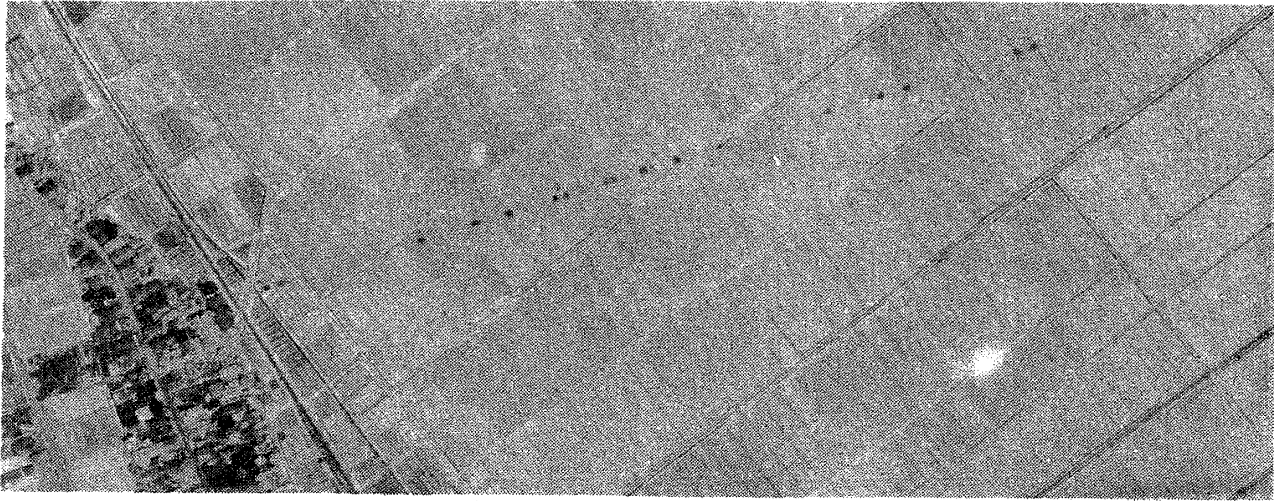


図-24 暗渠水路の損壊(赤外線空中写真)( '64.7.23)



図-25A 盛土の崩壊( '64.6.17)

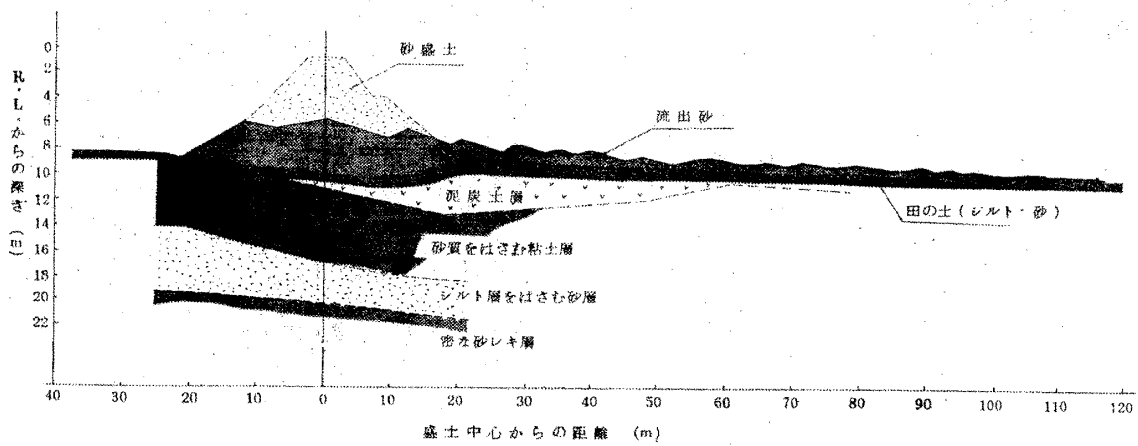


図-25B 崩壊した盛土の模式断面図<sup>3)</sup>





図-26 新潟県構内を横切る地割れ(斜め写真)('64.7.17)



図-25C 盛土の崩壊の現地  
写真(鉄道技術研  
究所提供):秋田  
側より

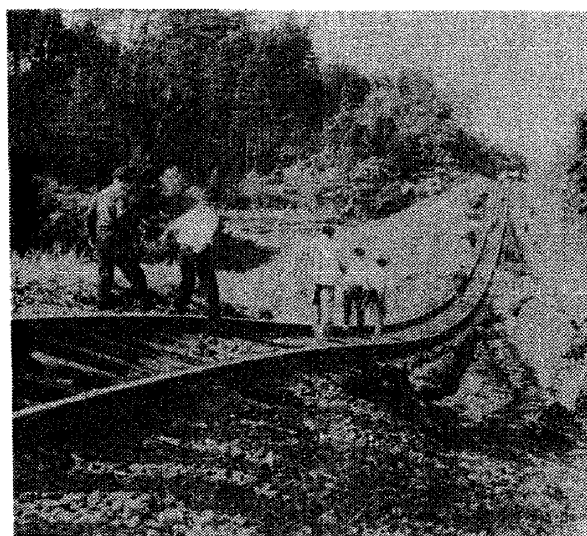


図-25D 同:新潟側より